

**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Vinícius Werneck Salazar

**ENSINO DE PROGRAMAÇÃO PARA BIÓLOGOS:
RETORNANDO OS CONHECIMENTOS DE UM ESTUDO
EMPÍRICO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA**

Trabalho de conclusão de curso
submetido ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Bacharel em Ciências
Biológicas

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo
D'Amaral Pereira Granja Russo

Florianópolis
2018

Salazar, Vinicius Werneck

Ensino de Programação para Biólogos : Retornando os conhecimentos de um estudo empírico em oceanografia física / Vinicius Werneck Salazar ; orientador, Arnaldo D'Amaral Pereira Granja Russo, 2018.

83 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Computação científica. 3. Laguna SC. 4. Lagoa de Santo Antônio. 5. Python científico. I. Russo, Arnaldo D'Amaral Pereira Granja. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Vinícius Werneck Salazar

**ENSINO DE PROGRAMAÇÃO PARA BIÓLOGOS:
RETORNANDO CONHECIMENTOS DE UM ESTUDO
EMPÍRICO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas – Bacharelado.

Florianópolis, 21 de junho de 2018.

Prof. Dr. Carlos Roberto Zanetti
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Arnaldo D’Amaral Pereira Granja Russo
Orientador - Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Andrea Santarosa Freire
Universidade Federal de Santa Catarina

Me. Filipe Pires Alvarenga Fernandes

Me. Thais Favero Massocato

Para Homero e Marylena.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a minha família, em especial aos meus pais, Luciana e Renato, pelo amor incondicional, meus irmãos, Marina e Diego, por serem pessoas tão maravilhosas e inspiradoras e minha namorada, Thayana, pelo amor, pelo apoio e por compartilhar comigo esse momento das nossas vidas. Agradeço aos meus amigos e amigas, pela amizade e pelo companheirismo que me deram forças nesse trabalho.

Acho de sumária importância agradecer meus professores e professoras da escola fundamental, o Sarapiquá, por darem uma fundação tão bonita para a minha educação. Juliano, Sérgio Bello, Kiko, Jaqueline, Evani e muitos(as) outros(as) que ensinaram o valor do conhecimento. No Ensino Médio, gostaria de fazer uma menção ao Charles, Sérgio, Luari, Nádia, Fernando e Sílvio por se preocuparem tanto com a educação de seus alunos.

Na Universidade, gostaria de agradecer o prof. Geison, do BEG, por me aceitar para minha primeira experiência como aluno de IC, que me fez perceber que nunca mais quero trabalhar com experimentação animal! Obrigado profa. Andrea, por me aceitar como aluno e por me envolver no projeto MAArE, que me proporcionou muito aprendizado, experiência de campo e mergulhos dentro da ReBio, e agradeço também ao pessoal do Laboratório de Crustáceos e Plâncton, em especial o Charles, pela paciência e pela cordialidade. Queria deixar um agradecimento especial à profa. Maria Luiza Fontes, por acreditar no meu potencial, trabalhar junto de você foi essencial para explorar minhas capacidades como futuro cientista. Você é uma profissional incrível, que me ensinou que dá pra fazer muito com pouca coisa, e além disso serei eternamente grato por ter me apresentado ao Arnaldo e à Nadine. Obrigado a todo o pessoal do GOM por estarem juntos nessa empreitada que foi o nosso grupo. Queria agradecer muito à profa. Nadine e a todo o pessoal do LAFIC, prof. Paulo Horta, Wally, Manuel, Antonella, Thais, e demais pela paciência, pelo companheirismo e ensinamentos. O grupo de vocês é demais e tem minha admiração.

Obrigado aos meus duplas de mergulho, Fiuza, Alex, Anderson “Persona”, todo mundo da Água Viva Mergulho e do curso de DM, que me ensinaram como ser um bom mergulhador, responsável e que zela pela segurança dos outros. Outra galera que queria agradecer é todos os companheiros de som, de bandas, dos Somitos, da Cosmic Void, com menção especial ao Hugo, que além de ser amigo de todas as horas, é meu companheiro de cozinha, e ao prof. Daniel Mansur (aqui te chamo de

professor!) que além de ser amigo e parceiro de banda, me ajudou a concretizar a atividade que foi fruto desse TCC, e me deu conselhos valiosos sobre a vida profissional como cientista. Vocês são os caras! Têm toda a minha admiração.

Agradeço à todas as pessoas e instituições que contribuíram para realização do Capítulo I, à UDESC e ao CERES por ceder o espaço, ao prof. Cristian por trabalhar junto com a gente e emprestar o laboratório. Ao prof. Sérgio da UNISUL, que, embora ainda não me conheça, também cedeu o laboratório. Ao André e à Polícia Militar Ambiental de Laguna, pelo apoio técnico nas saídas.

Agradeço à CAPES pela bolsa de Jovens Talentos, ao CNPq pelas bolsas de IC e pela bolsa CsF, bem como todo o financiamento dos projetos. À UFSC pela bolsa de monitoria, pelo RU, pelas bibliotecas e por ser esse lugar maravilhoso, uma universidade pública, gratuita e de qualidade. Fiz tantos amigos e amigas e foram tantos momentos aqui, a UFSC vai me marcar pelo resto da vida. Obrigado galera do curso de Biologia, aos coordenadores Zanetti e Andrea, ao CABio, e todas as pessoas maravilhosas que conheci na graduação e no intercâmbio, são muitas para listar! Vocês já sabem quem são! Muito amor. ♥

Quero agradecer a banca examinadora por ler o trabalho e prestar o seu tempo e conhecimento para melhorá-lo e torná-lo um produto concreto de conhecimento. Andrea, pelos motivos já citados e pelo seu importante trabalho na UFSC, que gerou várias conquistas como o projeto MAArE e o veleiro ECO. Filipe, pelas sugestões e pela palestra; seu trabalho é inspirador e almejo algum dia ser um profissional com esse perfil. Thais, por ter a confiança no meu trabalho e portanto participar do minicurso.

Por último quero agradecer ao Arnaldo e à Tati por me receberem com tanta cordialidade. Vocês são exemplos de profissionalismo, cidadania e humanidade e retêm minha grande admiração. Muito obrigado professor Arnaldo, pela paciência, e além de ser meu orientador, ser meu mentor na área da programação, e por ser um cientista exemplar, cujo trabalho transborda para além da área da pesquisa, levando em conta a indissociabilidade do tripé ensino-pesquisa-extensão, que é o tema desse trabalho.

“The good life is one inspired by love and guided
by knowledge.”

Bertrand Russell

RESUMO

O trabalho de conclusão de curso (TCC) materializa uma porção dos conhecimentos adquiridos ao longo da graduação. Como o tripé universitário é baseado em ensino, pesquisa e extensão, o TCC deve ser um produto que compreenda, em seu núcleo, esses três elementos. Com o intuito de englobar o tripé universitário como um todo, para o presente trabalho foram produzidos dois capítulos: um primeiro capítulo trazendo relatos de uma ação conjunta de ensino e extensão relacionados ao tema de ensino de programação e boas práticas de computação científica para biólogos, bem como um material útil para o emprego aplicado na pesquisa, que é utilizado no segundo capítulo, um estudo empírico na área de oceanografia física. No Capítulo I, para desenvolver uma ação envolvendo ambos ensino e extensão, foi elaborado o material didático de um minicurso de programação para estudantes de biologia e pesquisadores, acompanhado de um questionário semi-estruturado de avaliação do mesmo, e que também inclui perguntas a respeito do tema de ensino de programação para biólogos e uso de software livre por instituições de ensino. O segundo produto do Capítulo I foi um repositório público de código aberto escrito com base em boas práticas computacionais, e cuja otimização ao longo do tempo reflete uma experiência prática de aprendizado de programação por parte do autor. O Capítulo II baseou-se em um estudo empírico da variação espacial e sazonal da estrutura da coluna d'água da Lagoa de Santo Antônio (Laguna – SC), com o objetivo de analisar as influências das diferentes forças naturais que atuam nesse sistema estuarino. Para a análise de dados desse capítulo, foi necessário o desenvolvimento dos códigos computacionais apresentados paralelamente ao material educacional no Capítulo I. Logo, ambos os capítulos juntos concretizam um esforço integrado de ensino, pesquisa e extensão, representando a indissociabilidade destes três aspectos da prática universitária.

Palavras-chave: Computação científica. Código aberto. Lagoa de Santo Antônio. Laguna – SC. Boas práticas computacionais. Tripé ensino, pesquisa e extensão.

ABSTRACT

An undergraduate thesis (UT) is a representation of knowledge acquired during an undergraduate degree. Because universities are based on the “tripod” of teaching, research and extension, an UT must be a product which comprehends, at its core, these three elements. Aiming to address the university tripod as a whole, two chapters were produced for the present essay: a first chapter bringing reports of an action joining teaching and extension, and related to the theme of programming education and good scientific practices for students of biology, along with *software* that can be employed for scientific research, which is utilised during the second chapter, an empirical study in the field of physical oceanography. In Chapter I, in order to develop an action involving both teaching and extension, educational classes were developed as a short programming course for biology students and researchers, accompanied by a questionnaire about the teaching of programming for biologists and the use of open source software by teaching institutions. The second product of Chapter I was an open source code repository written with basis on good computational practices, and the continuous improvement of said code reflects a practical experience in the learning of programming by the author. Chapter II was based on an empirical study of the seasonal and spatial variation of the water column structure in Santo Antônio Lagoon (Laguna – SC), with the objective of analysing the influence of different environmental variables that act upon this estuarine system. The development of the computational code presented parallel to the educational material in Chapter I was motivated by the data analysis required for this study. Therefore, these two chapters combined materialise an integrated effort of teaching, research and extension, representing the indissociability of these three aspects of superior education.

Keywords: Scientific computing. Open Source Software. Santo Antônio Lagoon. Laguna – SC. Good practices in computing. Tripod of teaching, research and extension.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Conteúdo programático do minicurso	39
Figura 2-2: Meme "Drake Hotline Approves".	40
Figura 3-1: Mapa da linha de costa de SC.).	53
Figura 3-2: Mapa das estações amostrais na Lagoa de Santo Antônio..	56
Figura 3-3: Valores de temperatura da água na superfície e no fundo ..	61
Figura 3-4: Valores de salinidade da água na superfície e no fundo.	62
Figura 3-5: Seções transversais de salinidade do canal dos molhes e canal da margem leste.....	63
Figura 3-6: Seções transversais de salinidade do Rio Tubarão ilustrando a haloclina.	64
Figura 3-7: Concentração de clorofila nas águas de superfície.	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Gráficos de "pizza" com respostas de algumas perguntas de múltipla escolha do formulário. Os números em cada fatia do gráfico representam o valor absoluto de respostas.	44
Quadro 2: Respostas ilustrando subáreas da biologia de interesse dos participantes.	45
Quadro 3: Gráficos de coluna com perguntas cuja resposta é uma escala de 1 a 5.	45
Quadro 4: Respostas da pergunta a respeito do uso de um novo sistema operacional.	46
Quadro 5: Respostas afirmando que as instituições de ensino devem dar preferência para <i>software</i> livre.	47
Quadro 6: Quadro de respostas demonstrando o interesse de continuar com os estudos em programação.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Ferramentas abordadas no minicurso e <i>software</i> correspondente.	38
Tabela 2-2: Funções escritas em Python disponíveis no repositório de códigos.	41
Tabela 3-1: Nível da maré de hora em hora durante cada amostragem.	59
Tabela 3-2: Níveis de precipitação em mm para até 5 dias antes das amostragens. Cada linha representa um dia anterior a amostragem, desde o dia da amostragem (T 0) até 5 dias antes (T -5).	59
Tabela 3-3: Média e desvio padrão (\pm) dos valores de temperatura superficial (T. SUP.), temperatura de fundo (T. FUN.), salinidade de superfície (S. SUP.) e salinidade de fundo (S. FUN.) de cada amostragem.	60
Tabela 3-4: Média aritmética com desvio padrão (\pm), valores mínimos e máximos e estações correspondentes. Todos os valores são concentração de clorofila em mg/L.	65
Tabela 3-5: Valores de clorofila em mg/L para cada estação.	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abs – Absorância
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CC – Concentração de clorofia
Chl-*a* – Clorofila *a*
CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CLSC – Complexo lagunar centro-sul catarinense
CLI – *Command-line interface*, ou interface de linha de comando
cm – centímetro
CTD – instrumento perfilador que realiza medição de condutividade, temperatura e pressão da água
EPE – Tripé Universitário de Ensino, Pesquisa e Extensão
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
GUI – *Graphical user interface*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
L – litro
m - metro
mg/L – miligrama por litro
mm – milímetro
mL – mililitro
µm - micrômetro
nm – nanômetro
OSS – *open source software*
RS – Estado do Rio Grande do Sul, Brasil
SC – Estado de Santa Catarina, Brasil
SciPy – Python científico
TCC – Trabalho de conclusão de curso
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina
UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina
VCS – *version control system*, ou sistema de controle de versão
v/v – Volume por volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	27
1.1	OBJETIVO GERAL	29
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
2	CAPÍTULO I: DESENVOLVIMENTO DE CÓDIGO COMPUTACIONAL NA PESQUISA CIENTÍFICA – REFLEXÕES DE UM MINICURSO DE PROGRAMAÇÃO PARA BIÓLOGOS	31
2.1	RESUMO	31
2.2	INTRODUÇÃO	32
2.3	METODOLOGIA	36
2.4	RESULTADOS.....	41
2.5	DISCUSSÃO	48
3	CAPÍTULO II: VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DA ESTRUTURA DA COLUNA D'ÁGUAS DA LAGOA DE SANTO ANTÔNIO (LAGUNA – SC)	51
3.1	RESUMO	51
3.2	INTRODUÇÃO	52
3.3	METODOLOGIA	55
3.4	RESULTADOS.....	58
3.5	DISCUSSÃO	66
4	CONCLUSÃO	69
4.1	PERSPECTIVAS	70
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE A – PERGUNTAS DO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DO I MINICURSO CCB.	79
	APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE DAS FUNÇÕES LOAD E REMOVE_UPCAST	83

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As universidades públicas do Brasil baseiam-se no “tripé Ensino, Pesquisa e Extensão” (EPE), e o conhecimento produzido por essas instituições deve refletir todos os aspectos dessa trindade (SLEUTJES, 1999). Essa proposta dá origem a um conjunto de desafios na área da gestão do conhecimento, tais como a transformação do conhecimento individual em resultados coletivos e a atuação da universidade como ferramenta de desenvolvimento regional, em adição à visão antiga das universidades “somente” como produtoras de conhecimento (MUYLDER e CÉSAR, 2015).

Com base nesse contexto, é importante compreender o escopo do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na formação do estudante de graduação e futuro profissional. As monografias são os tipos de TCC mais exigidos no Brasil, e cada curso superior tem direções específicas a respeito dos requerimentos do TCC. No entanto, como um objeto de concretização do processo de formação de nível superior, seria lógico que, assim como o conhecimento produzido na universidade, o TCC tivesse o propósito de servir como um produto voltado a servir os três aspectos do EPE. Logo, o TCC deve incluir elementos de ensino, pesquisa e extensão, materializados em uma monografia, mas não necessariamente restritos a isso, sendo interessante a inclusão de outros produtos ou ações que possam contribuir para permitir que o conhecimento produzido pelos esforços do TCC sejam plurais, e não limitados à pesquisa, como normalmente acontece devido à natureza deste tipo de trabalho.

NOVO e MELO (2003) descrevem como a função da extensão nas universidades do Brasil parece ainda não ser totalmente compreendida e aceita, no entanto seu conceito é acompanhado de “um contínuo repensar sobre a função social da Universidade.”, e destacam a importância da vivência, por parte do estudante, de experiências significativas que contribuam para construir uma “uma formação compatível com as necessidades nacionais, tendo uma visão social da realidade brasileira.” Diante disso, cabe a reflexão da função do TCC e como práticas de extensão podem inserir-se na produção do TCC.

Como já foi colocado, é comum que os TCCs no Brasil se limitem à trabalhos de pesquisa, como revisões bibliográficas, meta-análises ou estudos empíricos. Um dos requisitos básicos para se produzir um material como este, que pode ser usado como TCC, é o de conhecimento científico no campo, entre outras habilidades essenciais para a condução de pesquisa (HOBIN, 2012). Tal conhecimento, adquirido pelo graduando ao longo da sua formação, pode e deve ser revertido em ações

de ensino ou extensão para a sociedade, especialmente para a comunidade acadêmica local; estas ações podem vir na forma de palestras, oficinas, minicursos, aulas, materiais didáticos, e muitos outros.

O presente trabalho busca realizar-se como “Trabalho de Conclusão de Curso” através de uma produção que englobe os três aspectos do EPE, de forma a demonstrar a formação do graduando para além do componente acadêmico, como profissional multidisciplinar cujos esforços buscam integrar diferentes métodos de produção de conhecimento. Para alcançar isso, esta monografia é dividida em dois capítulos: o Capítulo I, “Desenvolvimento de código computacional na pesquisa científica – reflexões sobre um minicurso de programação para biólogos”, busca concretizar os esforços desempenhados em um projeto de pesquisa científica (descrito no capítulo II), gerando dois materiais abertos e livres: i) um repositório de dados para plotagem e análise de dados instrumentais de equipamento CTD e ii) um repositório contendo o material didático de um minicurso de programação para biólogos, o MinicursoCCB (Minicurso de computação científica para biólogos e pesquisadores); além disso, no Capítulo I são analisados os formulários de avaliação dos participantes da primeira edição do minicurso, propondo uma reflexão sobre o ensino de programação para estudantes de biologia e áreas afins. Este capítulo, portanto, visa integrar as áreas de ensino, pesquisa, extensão, pois usa conhecimentos adquiridos na prática da pesquisa para desenvolver um material de ensino, utilizado em uma ação de extensão, dando um retorno do conhecimento para os pares do autor e para a sociedade; O Capítulo II “Variação espacial e sazonal da estrutura da coluna d’água da Lagoa de Santo Antônio (Laguna – SC)”, é um estudo empírico na área de oceanografia física e biológica, portanto, um produto de pesquisa científica.

Estes capítulos visam ser independentes de forma a possibilitar que sua leitura seja realizada separadamente; enquanto o produto do TCC poderia se limitar ao Capítulo II, o autor e o orientador optaram por inserir o Capítulo I como um componente de ensino e extensão, para além do esforço de pesquisa. Defendemos que o próprio conceito do TCC deve compreender um componente como esse, permitindo o retorno, à sociedade, do conhecimento formado durante a prática de pesquisa. Este conhecimento pode ser diretamente relacionado ao tópico, neste caso, oceanografia física e biológica de estuários, ou indiretamente relacionado. Para este trabalho, o conhecimento retornado é indiretamente relacionado aos tópicos do Capítulo II, consistindo de práticas de computação científica, programação e análise de dados.

1.1 OBJETIVO GERAL

Concretizar, na forma de uma monografia e uma atividade de extensão, um TCC que englobe os três aspectos do EPE, com um primeiro capítulo consistindo de produtos desenvolvidos na prática da pesquisa científica, respectivamente um repositório de códigos computacionais para a análise de dados oceanográficos de condutividade, temperatura e profundidade (CTD) e um minicurso de programação acompanhado de um formulário de avaliação, e um segundo capítulo na forma de um estudo empírico na área da oceanografia física.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos se dividem entre objetivos do Capítulo I e Capítulo II.

1.2.1 Capítulo I: Desenvolvimento de código computacional na pesquisa científica – reflexões de um minicurso de programação para biólogos

Descrever a importância da programação e da produção de código para a resolução de problemas científicos e expor os códigos produzidos em um projeto de pesquisa como exemplo de boas práticas de computação científica; produzir um material de ensino que possa ser aplicado em práticas de extensão (o MinicursoCCB); acessar a opinião dos participantes do minicurso, com a intenção de discutir a questão do ensino de programação e informática na biologia e áreas afins;

1.2.2 Capítulo II: Variação espacial e sazonal da estrutura da coluna d'água da Lagoa de Santo Antônio (Laguna – SC)

Realizar um estudo espacial da Lagoa de Santo Antônio (Laguna – SC), perfilando a coluna d'água no estuário medindo temperatura, profundidade, condutividade, e clorofila em vinte diferentes estações amostrais ao longo de um ano, de forma a determinar variações sazonais e espaciais que possam influenciar fenômenos biológicos.

2 CAPÍTULO I: DESENVOLVIMENTO DE CÓDIGO COMPUTACIONAL NA PESQUISA CIENTÍFICA – REFLEXÕES DE UM MINICURSO DE PROGRAMAÇÃO PARA BIÓLOGOS

2.1 RESUMO

É cada vez mais comum que cientistas precisem desenvolver seu próprio *software* para a resolução de problemas. Essa atividade requer um conjunto de boas práticas computacionais, de forma a garantir a qualidade e reprodutibilidade de seus métodos. No entanto, em muitos campos da ciência, em especial a biologia e ciências da vida, o treinamento em conhecimentos de informática a nível de graduação não supre a demanda por habilidades computacionais necessárias para a prática efetiva da pesquisa científica. Para além disso, no Brasil é muito comum que estudantes e instituições façam uso de *software* proprietário e até distribuições pirateadas, presumidamente pela dificuldade na utilização, ou, em casos mais raros, pela ausência de ferramentas correspondentes que sejam livres e de código aberto. Com o intuito de promover uma ação local de extensão para discussão desse tema, foi desenvolvido um minicurso presencial de programação para biólogos, o MinicursoCCB (Minicurso de computação científica para biólogos e pesquisadores) junto de um material didático que pode ser estudado independentemente. O minicurso visa ensinar habilidades de programação com uma abordagem prática, apresentando ferramentas e plataformas úteis para a prática de computação científica e análise de dados, e que propiciem uma base para incentivar que os estudantes prossigam os estudos desses tópicos de forma autodidata. Todas as tecnologias apresentadas são livres e gratuitas, desde o sistema operacional até as plataformas de compartilhamento e colaboração de código. A primeira edição do minicurso foi aplicada como atividade de extensão gratuita no Centro de Ciências Biológicas da UFSC, acompanhada de um questionário semi-estruturado para coletar informações e opiniões sobre o ensino de programação para biólogos, cujos resultados forneceram um quadro valioso que ilustra a realidade desse tema no ensino superior no Brasil. Paralelamente ao material do minicurso, foi criado um segundo repositório aberto de códigos na linguagem Python que visa resolver um problema científico específico, que é o processamento de dados oceanográficos de um perfilador de condutividade, temperatura e profundidade (CTD) contendo os perfis de múltiplas estações amostrais. Apesar de existirem bibliotecas livres que façam análise desse tipo de dados instrumentais, estas foram desenvolvidas para analisar o perfil de uma única estação amostral, que é

a metodologia mais comum de uso do perfilador CTD e não compreendem a separação dos dados de diferentes estações. Esse repositório foi elaborado levando em conta as boas práticas ensinadas no minicurso, como controle de versão e documentação de códigos. Em conjunto, essas duas iniciativas compõem um esforço integrado de ensino, pesquisa e extensão, que são os elementos fundamentais do tripé universitário.

2.2 INTRODUÇÃO

A solução de problemas científicos requer metodologias adequadas à natureza de tais problemas. É comum, na prática da pesquisa, o desenvolvimento de protocolos e métodos de investigação que supram as necessidades do(s) pesquisador(es). Em anos recentes, o uso de *software* científico e ferramentas computacionais por biólogos e pesquisadores de todas as áreas da ciência aumentou de forma exponencial, desencadeando uma série de questões no que toca a reprodutibilidade e o rigor do método científico (LOMAN e WATSON, 2013). Por consequência, surgiu-se uma demanda no treinamento de informática de cientistas, de forma a acompanhar as novas tecnologias e métodos que são criados todos os dias; apesar disso, os programas educacionais, como cursos de graduação, ainda têm dificuldade de suprir as demandas do mundo acadêmico e do mercado em termos de educação dos estudantes, que fazem usos variados das ferramentas computacionais (WELCH, 2014).

No campo da biologia, esse problema torna-se ainda mais crítico a medida que essa ciência entra em uma era de *big data*, com os métodos computacionais não mais confinados à disciplina de bioinformática, genômica e áreas afins, mas transbordando para todas as áreas da biologia e das ciências da vida. Nos dias atuais pode-se, portanto, dizer que “toda biologia é biologia computacional”. Apesar do computador ser, no cotidiano, a ferramenta mais extensivamente utilizada pela maioria dos biólogos (e cientistas de maneira geral), o estudo e treinamento de como esse aparelho funciona ainda é carente, quando comparado a outros instrumentos “básicos” como uma pipeta ou um microscópio (MARKOWETZ, 2017). Ainda é raro, especialmente no Brasil, encontrar disciplinas nos cursos de graduação em biologia que contemplem de forma compreensiva o ensino de informática e de programação; quando existem ações deste tipo dentro de outras disciplinas, costumam estar limitadas ao uso específico para a aplicação requerida no momento, não sendo ampliadas para problemas fora daquele em questão.

Assim como um protocolo de laboratório de bioquímica ou uma amostragem de campo na ecologia, a geração, processamento e análise de dados biológicos com ferramentas computacionais requer um entendimento refinado de como tais ferramentas funcionam (LOMAN e WATSON, 2013). Em adição a isso, cientistas passam cada vez mais tempo desenvolvendo *softwares* científicos, pois muitas vezes a resolução de problemas requer metodologias específicas personalizadas para o problema em questão. No cenário atual de carência de treinamento computacional, isso significa que muitos biólogos têm dificuldade de desenvolver seus próprios códigos ou até mesmo de implementar ferramentas já existentes, falhando em aplicar boas práticas de computação científica, o que pode prejudicar gravemente o seu trabalho e acarretar em uma série de problemas não só para o indivíduo em questão, mas também para seus colegas e colaboradores.

WILSON (2017) e colegas propuseram uma série de princípios de boas práticas computacionais que devem ser adotadas por quaisquer cientistas que façam uso desse tipo de ferramenta; essas práticas correspondem a outras habilidades essenciais no desenvolvimento da pesquisa científica, como organização de projetos, análise de dados e monitoramento de mudanças. Um caderno de laboratório que é mantido digitalmente, por exemplo, requer um método diferente de manutenção do que um caderno de laboratório tradicional, embora os dois sirvam a mesma função (SCHNELL, 2015).

2.2.1 *Software* livre, *software* proprietário ou código aberto?

Para além da falta de treinamento computacional dos biólogos, outra questão permeia esse cenário, que é a do uso de *software* aberto no mundo científico. Essa questão envolve dois aspectos: o primeiro é o da reprodutibilidade científica; para que um método computacional envolvido na prática científica seja verificável e reproduzível, é mais interessante que o *software* de tal método seja aberto, de forma a tornar-se mais transparente e para que possíveis falhas sejam mais facilmente identificadas. Periódicos científicos de alto impacto como a revista *Science* e *Nature* exigem a submissão de código utilizado nas publicações (NIEMEYER, 2012) e defendem o uso de *software open-source* (OSS), de forma a garantir a compreensão e qualidade das análises (INCE, 2012). O segundo aspecto é o da acessibilidade do *software*. No Brasil, um país onde as universidades de maior prestígio são públicas e gratuitas, o uso de *software* pirata em máquinas das universidades ainda é muito comum, e amplamente desconsiderado do ponto de vista legal. Isso é prejudicial

para todos, desde o usuário do *software*, passando pela instituição e por fim para os autores do *software* em questão. Logo, prezar por *software* livre torna-se uma questão política e de inclusão social, pois garante a acessibilidade dos usuários e das instituições as ferramentas e programas necessários para a atividade de sua cidadania, pois tais ferramentas são grátis, livres e abertas.

Apesar do desenvolvimento e utilização de OSS no Brasil estar crescendo consideravelmente, principalmente no mundo empresarial (ORAM, 2017), as barreiras para sua adoção muitas vezes são evidentes, começando pelos sistemas operacionais. No ambiente universitário, estudantes em sua grande maioria (ver resultados deste capítulo) possuem computador com ambiente Windows, um sistema operacional proprietário e fechado (CASADESUS-MASANELL e GHEMAWAT, 2006), em oposição ao Linux e suas distribuições, que são livres e abertos. Em adição ao fato de ser OSS, o Linux é um ambiente preferível para a prática de computação científica (ALBERT, 2018). Pode-se argumentar que a dificuldade dos usuários em usar o Linux relaciona-se com a falta de treinamento em informática detalhada na introdução deste capítulo, o que acarreta na dificuldade no aprendizado de novas tecnologias. Consequentemente, a introdução e familiarização dos usuários a este ambiente torna-se uma excelente estratégia para o ensino não só de boas práticas em computação científica, mas também da importância do *software* livre na ciência.

2.2.2 Python científico e tecnologias acompanhantes

A pesquisa científica, em sua natureza, requer análise quantitativa de dados e validação estatística dos mesmos. Atualmente isso é feito exclusivamente em ambiente computacional, comumente com aplicativos como o Microsoft Excel® ou outros programas como Primer, R ou Statística®. No entanto, muitas vezes a manipulação, processamento ou a própria análise dos dados requer ferramentas mais específicas, como algoritmos de alinhamento de sequências, no caso da biologia (ALTSCHUL, 1990). Quando tais análises aumentam em escala, rapidamente surge a necessidade do uso de linguagens de programação, *scripts* e códigos desenvolvidos com o intuito de resolver o problema em questão.

Criada em 1990 pelo holandês Guido Van Rossum, a linguagem Python vem ganhando extrema popularidade no mundo da ciência e também da tecnologia, sendo amplamente considerada uma das linguagens mais populares e de maior crescimento do mundo

(ROBINSON, 2017). O surgimento de pacotes de “Python científico” (SciPy) (OLIPHANT, 2007; MILLMAN e AIVAZIS, 2011) como IPython (PÉREZ e GRANGER, 2007) NumPy (OLIPHANT, 2006), Pandas (McKINNEY, 2010) e Matplotlib (HUNTER, 2007) permitiram que a linguagem rivalizasse gigantes como MATLAB® e R para o processamento e análise de dados em larga escala. No entanto, a atratividade do Python se encontra na sua facilidade de aprendizado, tornando-a uma linguagem muito amigável para iniciantes em programação. E, diferente do R, não se limita à estatística, sendo aplicável para uma grande variedade de utilizações, como na tecnologia *web*, o que a torna mais versátil do que este último.

No caso da biologia, além de ser uma primeira linguagem ideal para estudantes buscando aprender programação, a ampla disponibilidade de pacotes de terceiros que o uso de Python se estende a virtualmente todos os domínios da biologia, permitindo a resolução de problemas como alinhamento de sequências, reconstrução de árvores filogenéticas, anotação de genomas, interação com bancos de dados biológicos, criação de figuras, e muitas outras aplicações (EKMEKCI, 2016).

No entanto, o aprendizado de programação não se limita a aprender a semântica e a sintaxe da linguagem. Envolve, fundamentalmente, a compreensão e utilização de outras tecnologias, como interfaces de linha de comando (CLI), sistemas de controle de versão (VCS), editores de texto e ambientes virtuais que permitem a organização, reprodução e teste de códigos a serem utilizados e/ou desenvolvidos pelo usuário. O domínio dessas tecnologias, em adição ao *software* ou linguagem de programação em questão, é necessário para a aplicação de boas práticas de computação científica, como as detalhadas por WILSON (2017). Apesar disso, mesmo que disciplinas de graduação ou pós refiram linguagens de programação, não foi achado nenhum exemplo, pelo menos no Brasil, de material didático a nível de universidade que aborde esses princípios ou esse tipo de tecnologias, indispensáveis para qualquer programador, mas especialmente para os cientistas que devem se comprometer com o rigor e reprodutibilidade de suas análises.

Logo, se um estudante de biologia – ou qualquer área da ciência – decide por aprender uma linguagem como Python ou R, o que no mercado atual da ciência torna-se cada vez mais recompensador (MacARTHUR, 2009), esse estudante deve entender que será necessário aplicar essas práticas e tecnologias ao longo do seu processo de aprendizagem. Não somente isso tornará seu aprendizado mais rápido e facilitado, também vai contribuir para que os produtos do seu trabalho estejam de acordo com boas práticas de computação científica. É notável que a demanda por

esses conhecimentos é alta, no entanto, apesar da abundância de materiais (consultar <https://git.io/vhoXE> para uma compilação de recursos para aprender Python, por exemplo), poucos destes integram diferentes tecnologias; embora hajam iniciativas interessantes como as de WILSON (2017) e as da organização Software Carpentry sendo aplicadas com sucesso a alguns anos, estes materiais não estão disponíveis na língua portuguesa.

2.3 METODOLOGIA - PROPOSTA

A proposta do presente trabalho parte das seguintes premissas: i) existe uma carência, no campo da biologia e áreas afins, de treinamento de programação e computação científica, especialmente a nível de graduação; ii) instituições públicas de educação devem prezar por *software* livre e aberto, no entanto existem barreiras para sua adoção e o uso de *software* pirata continua banalizado e iii) apesar da abundância de material didático a respeito de linguagens de programação, poucos integram diversas tecnologias e poucos estão em língua portuguesa. A partir destas premissas, foram elaborados dois materiais que pretendem permitir o compartilhamento dos conhecimentos adquiridos ao longo do processo da graduação, e também gerar novos conhecimentos diante do contexto no qual estão inseridos. O primeiro material é um repositório de códigos (<https://git.io/vhwKY>) na linguagem Python para processamento e visualização de dados oceanográficos, em especial dados instrumentais de CTD; o segundo é o material didático de um minicurso de programação para biólogos e pesquisadores, também no formato de repositório de código (<https://git.io/vhwKs>). Ambos os materiais foram elaborados de acordo com boas práticas de computação, como documentação do código, controle de versão, colaboração, e outras detalhadas em WILSON (2017), e utilizando somente *software* livre e aberto. Além disso, o minicurso acompanhou uma pequena pesquisa para os participantes tratando da avaliação do mesmo e do uso de ferramentas de informática.

2.3.1 Repositório de processamento de dados de CTD

É muito comum que problemas científicos necessitem do desenvolvimento de um *software* específico somente para sua resolução (CHANG, 2015). Apesar de já existirem alguns pacotes para análise de dados de instrumentos CTD (FERNANDES, 2018; CASTELÃO, 2018), não foi possível utiliza-los para análise de dados do modelo 37-SM MicroCat (SeaBird Electronics®) empregado no Capítulo II deste

documento, devido ao fato de que a utilização usual desse equipamento envolve um único lançamento, seguido do *upload* dos dados antes do próximo lançamento. Logo, os pacotes já existentes são escritos de forma a adequar essa forma de uso. No entanto, a metodologia do Capítulo II desse trabalho envolveu uma amostragem sequencial de muitas estações (20), e somente depois era feito o *upload*, o que impossibilitou o uso dos pacotes.

Portanto, foi elaborado um conjunto de códigos e tutoriais para o processamento de dados pensados de acordo com essa metodologia amostral, disponibilizado publicamente na plataforma GitHub (<https://github.com/>). O repositório resultante é visível a todos, pode receber contribuições de qualquer usuário do GitHub, e também está livre para *download*. Para elaboração dos códigos, foram utilizadas as bibliotecas IPython (PÉREZ e GRANGER, 2007), NumPy (OLIPHANT, 2006), Pandas (McKINNEY, 2010), Matplotlib (HUNTER, 2007) e Cartopy (MET OFFICE, 2015). O conjunto completo de dependências está listado no repositório (<https://git.io/vhwKY>).

2.3.2 Minicurso - estrutura

O material didático do minicurso foi elaborado de acordo com as referências em (<https://git.io/vhwKo>), bem como na experiência pessoal do autor. O repositório possui aulas no formato Markdown (.md), que podem ser visualizadas em navegador *web*, como Mozilla Firefox ou Google Chrome, e também no formato IPython Notebook (.ipynb), possibilitando visualização e execução interativa de código (arquivos no formato .ipynb podem ser visualizados online no domínio <http://nbviewer.jupyter.org/>). Isso permite que o usuário tenha a experiência de trabalhar em ambiente Python, e diretórios acessórios, contendo dados, imagens e referências, que inclui também material didático de outras fontes, como EKMEKCI (2016).

O material foi escrito de forma a permitir que o estudante possa ler as aulas a distância (no formato Markdown), mas também de forma a ser ministrado como um minicurso de 10 horas/aula, dividido em três dias, abordando os seguintes temas:

1. Introdução e ferramentas básicas de programação (3h)
2. Ambientes virtuais, bibliotecas e dependências (3h)
3. Boas práticas de computação e colaboração (3h)

E mais uma hora de estudo em casa. Ao longo do minicurso, são abordadas sete diferentes ferramentas, e para cada uma foi apresentada um ou mais aplicativos/programas correspondentes, que sejam livres e abertos (Tabela 2-1 e Figura 2-1), incluindo o sistema operacional das máquinas da sala, que era Ubuntu 16.04, uma distribuição do Linux. A escolha das ferramentas foi introduzir o participante a um ambiente de aprendizado de computação científica e análise de dados, para que posteriormente possa seguir os estudos de forma autodidata.

Tabela 2-1: Ferramentas abordadas no minicurso e *software* correspondente.

Ferramenta	Aplicativo ou plataforma
Interface de linha de comando (CLI)	Terminal
Editor de texto	Atom
Linguagem de programação	Python, bash
Gerenciador de ambientes	conda e PIP
Bibliotecas e pacotes	Pandas, Matplotlib, Jupyter, NumPy
Sistema de controle de versão (VCS)	git
Rede de colaboração	GitHub

Fonte: gerado pelo autor (2018).

Figura 2-1: Conteúdo programático do minicurso



Fonte: gerado pelo autor (2018).

Uma edição piloto do MinicursoCCB (Minicurso de computação científica para biólogos e pesquisadores) ocorreu de 22 a 24 de maio de 2018, no Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (CCB / UFSC), como atividade de extensão gratuita. Cada dia de aula foi acompanhado de uma apresentação de slides e atividades práticas. Para fins didáticos, foi adotada uma linguagem mais informal invés de uma linguagem acadêmica, utilizando, por exemplo, memes para chamar a atenção dos participantes (Figura 2-2).

Figura 2-2: Meme "Drake Hotline Approves", utilizado para realçar a importância de optar por *software* livre.



Fonte: gerado pelo autor (2018).

2.3.3 Formulário de avaliação do minicurso

Com o intuito de fazer uma avaliação do minicurso e de coletar dados a respeito do ensino de programação para biólogos, foi criado um formulário na plataforma Google Forms (<http://forms.google.com/>) com 30 questões, alternando entre questões de múltipla escolha, de escala de 1 a 5, escala de 1 a 10 e discursivas (APÊNDICE A).

2.4 RESULTADOS

Os resultados dividem-se entre os produtos do repositório de análise de dados do CTD, e as respostas do formulário de avaliação do minicurso. O conteúdo didático do minicurso pode ser encontrado em <https://git.io/vhwKs>, optou-se por deixar o material fora dos apêndices devido à formatação, adequada para páginas *web* e incompatível com documentos tipo .doc.

2.4.1 Produtos do repositório de dados

Para análise dos dados do CTD 37-SM MicroCat, foram geradas seis funções escritas em linguagem Python (Tabela 2-2), com destaque para a função `split_stations()`, que separa os dados das diferentes estações amostrais. Geralmente, equipamentos de CTD são lançados uma vez, e os dados já são coletados. A pesquisa bibliográfica não encontrou nenhuma ferramenta que realizasse a separação de diferentes estações quando o CTD faz mais de uma amostragem em sequência sem o *upload* dos dados. Logo, essa função é de interesse para usuários deste equipamento que realizem amostragens sequenciais, como a metodologia empregada no Capítulo II. Também foram criados *scripts* para a criação de mapas da cidade de Laguna (SC) e da Lagoa de Santo Antônio, utilizando a biblioteca Cartopy (MET OFFICE, 2015). No momento, o repositório contém cerca de 800 linhas de código original, no entanto esse número deve reduzir a medida que o código é otimizado. Exemplos de código-fonte das funções podem ser encontrados no APÊNDICE B.

Tabela 2-2: Funções escritas em Python disponíveis no repositório de códigos.

Nome da função	O que faz
<code>load()</code>	Carrega a planilha .cnv proveniente do equipamento CTD.
<code>split_stations()</code>	Separa os dados planilha em diferentes estações amostrais.
<code>remove_upcast()</code>	Remove os dados de “subida” do CTD, deixando somente os dados enquanto o equipamento afunda.

<code>plot()</code>	Cria gráficos de temperatura, salinidade e condutividade contra profundidade.
<code>section_plot()</code>	Cria figuras de seção transversal ilustradas na página 62.
<code>surface_plot()</code>	Cria figuras de superfície ilustradas na página 59 e 64.

Fonte: gerado pelo autor (2018).

O repositório foi estruturado levando em conta as boas práticas em computação científica (WILSON, 2017), e o controle de versão foi feito com `git` (TORVALDS e HAMANO, 2005).

2.4.2 Resultados de avaliação do minicurso

A primeira edição do MinicursoCCB teve grande interesse do público-alvo (estudantes de graduação e pós-graduação nas áreas de ciências da vida e afins). Foi divulgada por meio de cartazes espalhados no CCB – UFSC e pela lista de e-mails do Fórum da Graduação da universidade. As vagas se esgotaram cerca de 10 dias após o início das inscrições, e foram um total de 17 participantes. O índice de abstinência (faltas) foi virtualmente nulo. No final do terceiro dia de minicurso, os participantes preencheram o formulário de avaliação (APÊNDICE A). As respostas anônimas completas dos formulários, bem como outros comentários, podem ser consultados em <https://goo.gl/hH4ean>.

O nível de escolaridade dos participantes variou de estudantes de graduação, biólogas formadas e pós-doutorandas. O nível de programação dos participantes foi bem distribuído, contando com indivíduos que programavam com certa frequência até outros que não tinham nenhuma familiaridade (Quadro 1). Os acadêmicos tinham formação e/ou interesse em campos diversos e bem específicos da biologia, como ecologia de mamíferos, neurofarmacologia e biorremediação (Quadro 2). Quase todos os participantes concordaram que tópicos como os do conteúdo do curso devem ser abordados em alguma disciplina da graduação ou pós-graduação, com a exceção de uma resposta “Talvez” (Quadro 1).

De forma geral, a recepção demonstrou que o curso foi compreensivo (os participantes conseguiram absorver o conteúdo) e relevante (o material e o aprendizado têm utilidade real no cotidiano acadêmicos). A maioria (14 de 17 indivíduos) também concordou que conteúdos como este são importantes, porém majoritariamente ausentes na formação de biólogos no Brasil, como exposto na introdução (Quadro

3). Alguns relatos e comentários contidos no formulário demonstram as dificuldades apresentadas na prática de computação científica para pesquisa, e como o curso atendeu essas dificuldades, como exemplificado nas respostas da pergunta 5 da seção II, “Comente sobre como participar do Minicurso contribuiu (ou não) para sua formação.”:

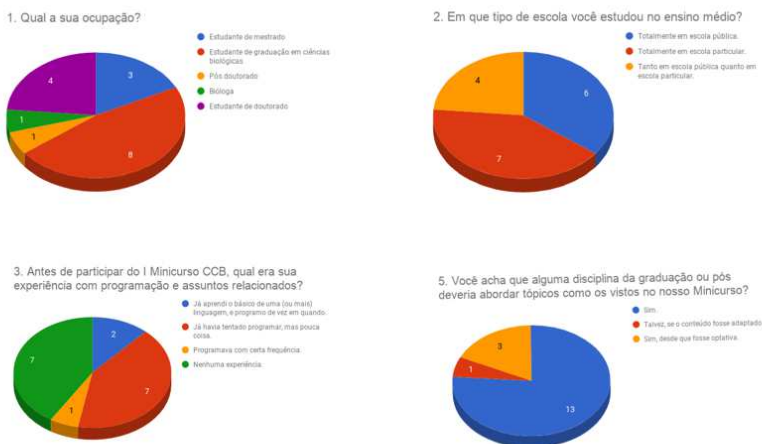
“Já realizei análise de dados em outra linguagem, porém não havia aprendido o básico e nem ferramentas para manuseá-lo, então fazia grande parte das coisas sem entender, com códigos já prontos. Após o minicurso, meu interesse aumentou pois entendo como funciona o básico da programação.” (Participante anônimo.)

“Com certeza o curso contribuiu muito para a minha formação. Foi a primeira vez que vi algo (curso, palestra, grupo) sobre computação científica e programação para a área da Pesquisa. Quis muito fazer por ter amigos que programam, mas nenhum deles têm muito entendimento sobre a parte mais científica. Além disso, foi essencial para a abertura de uma discussão e possíveis novas formações na área que, hoje em dia, é um diferencial enorme para um Biólogo.” (Participante anônimo.)

“As explicações da funcionalidade dos aplicativos, da existência de diferentes tipos de códigos e por que existem diferentes, tornou mais claro pra mim a função da programação e que não é um bicho de sete cabeças. Em resumo, conhecer um pouco de programação do modo apresentado pelo minicurso incentiva a busca por aprender essa área.” (Participante anônimo.)

“Me incentivou a procurar me informar mais sobre essa área (programação). O minicurso foi fundamental para quebrar esse primeiro bloqueio que tinha.” (Participante anônimo.)

Quadro 1: Gráficos de "pizza" com respostas de algumas perguntas de múltipla escolha do formulário. Os números em cada fatia do gráfico representam o valor absoluto de respostas.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Quadro 2: Respostas ilustrando subáreas da biologia de interesse dos participantes.

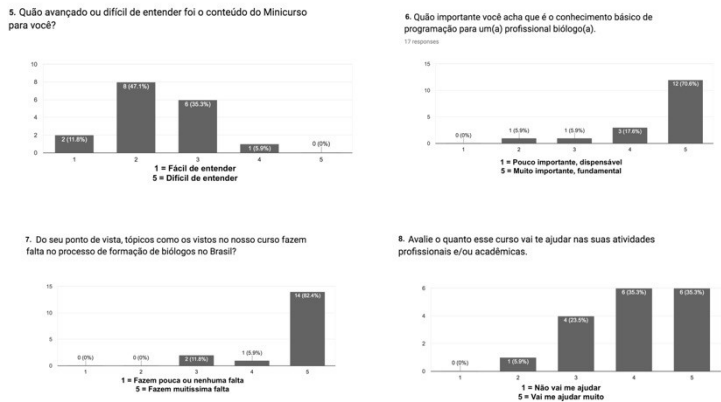
6. Dentro da sua área de estudo, cite seus interesses principais. Se você faz pesquisa, pode citar o título ou tema da sua pesquisa.

17 responses

Engenharia ecológica, Biorremediação
Neurociencia comportamental. Circuitos neurais do comportamento defensivo e a rede de processamento e passos computacionais do cerebro para emitir respostas generalizadas.
Análise de genômica e transcriptômica, biologia de sistemas e aprendizado de máquina
Dor e inflamação
Ecologia de pequenos mamíferos
sequenciamento e assembly de genoma, proteoma, transcriptoma e etc
Mycobacterium tuberculosis: evasão ao sistema complemento
Neurofarmacologia e farmacogenética
Genética, bioinformática
Análise de comunidades microbianas
Estudo do desenvolvimento de um composto bioestimulante destinado à agricultura a partir de macroalgas

Fonte: gerado pelo autor (2018).

Quadro 3: Gráficos de coluna com perguntas cuja resposta é uma escala de 1 a 5.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As respostas também demonstram que todos os usuários de Windows se sentiram mais dispostos a experimentar um novo sistema operacional (nesse caso, Ubuntu 16.04, a distribuição de Linux utilizada nas aulas) (Quadro 4) e que concordam unanimemente que as instituições de devem prezar e optar por *software*, por motivos diversos, com destaque para a “democratização do conhecimento” (Quadro 5: Respostas afirmando que as instituições de ensino devem dar preferência para *software* livre..

Os participantes também demonstraram interesse em continuar os estudos em programação, realçando a importância disso na carreira acadêmica (Quadro 6).

Quadro 4: Respostas da pergunta a respeito do uso de um novo sistema operacional.

11. Usuários(as) de Windows: você se sentiu mais disposto a experimentar um sistema operacional após realizar o curso?

15 responses

Sim (4)
Sim. (4)
Sim, já tinha essa vontade e agora definitivamente irei tentar.
sim
Sim, vou me arriscar com o Linux.
SIM!
Sim, inclusive peguei a imagem do Linux para instalar ainda hoje. Sempre tive vontade e curiosidade, mas o curso me motivou especialmente.
Sim
Sim, com certeza. Através do curso vi que existem outros sistemas operacionais que são gratuitos e de qualidade.

Fonte: gerado pelo autor (2018).

Quadro 5: Respostas afirmando que as instituições de ensino devem dar preferência para *software* livre.

4. Você acha que as instituições de ensino devem prezar e dar preferência para o uso de software open source, como os utilizados no nosso Minicurso? Justifique sua resposta.

17 responses

Sim, principalmente as publicas pois nao faz sentido impedir o acesso a plataformas desse tipo
Sim, pela democratização do conhecimento.
Sim, pela democratização do conhecimento
Sim, pois a biologia é feita sobre a análise de dados que necessita da computação científica
Com certeza. Já que a economia de recursos públicos é importante. Além disso, o maior número de usuários iria alavancar o desenvolvimento deste tipo de software e beneficiar a todos.
sim. Pirataria não é legal e temos que valorizar o que é publico e gratuito, para que todos os individuos tenham acesso.
Sim, além de abrir um mundo de possibilidades, dá uma maior liberdade para a análise de dados, além de não ser necessário usar o dinheiro do contribuinte para os programas pagos. Outro ponto interessante é o clima cooperativista, que na minha opinião acelera muito o desenvolvimento da ciência.
Sim, pois são abertos e todos podem ter acesso a eles, deve, estimular isso
Sim, pois não são pagos, facilitando e possibilitando que todas as pessoas tenham acesso.
Sim, principalmente para não gerar gastos com licensas de softwares pagos.

Fonte: gerado pelo autor (2018).

Quadro 6: Quadro de respostas demonstrando o interesse de continuar com os estudos em programação.

5. Você pretende continuar com seus estudos em programação? Justifique sua resposta.

17 responses

Sim, pretendo seguir isso academicamente e aprender cada vez mais
Sim, além de usar no TCC tenho interesse em aprender.
Sim, na medida do possível.
Sim, pois a continuação do mestrado envolve programação
Sim, pois acredito que no futuro da minha pesquisa e carreira isso será muito útil.
Sim, pretendo. Falei bastante sobre esse aspecto em várias das perguntas anteriores. Sempre tive curiosidade em aprender programação e o curso, além de me incentivar e auxiliar no começo dessa jornada, também me mostrou a importância do conteúdo na área da pesquisa. Assim descobri que posso fazer da programação mais que um hobby, uma parte do meu dia-a-dia como bióloga
Sim,acho que esse curso foi só o início,uma base.Eu já estava pensando em aprender programação,mas sempre fiquei com receio,não sou muito autodidata. Quero investir em aprender essa área pois creio que as áreas de aplicação só crescem.
Num futuro próximo sim, posso exercitar essas habilidades e utilizar delas no meu processo de formação acadêmica e talvez profissional
Sim, pois acho que futuramente este conhecimento será fundamental para minha carreira.

Fonte: gerado pelo autor (2018).

2.5 DISCUSSÃO

2.5.1 Repositório de análise de dados de CTD

As funções contidas no repositório TCC_Vini_CTD (Tabela 2-2) funcionaram corretamente, propiciando uma série de resultados robustos (consultar Página 59 em diante) para o projeto que foram desenvolvidas. No entanto, apesar do cuidado de implementar boas práticas científicas, o código ainda tem muito potencial de otimização, tornando as funções e argumentos cada vez mais modulares, de acordo com os princípios de programação orientada a objetos (SANNER, 1999). A função `load()`, por exemplo, pode fazer um melhor aproveitamento dos argumentos. No APÊNDICE B é ilustrada uma amostra do código fonte da função `load()` e de outra mais simples, `remove_upcast()`.

Os *commits*, que são registros progressivas das mudanças no repositório, ilustram uma evolução progressiva do código, cujos arquivos (no formato .py) originam-se como testes, tornam-se funções e depois de

testadas, são documentadas para se tornarem mais legíveis. Para a segunda edição do MinicursoCCB, que está prevista para setembro de 2018, será possível utilizar os códigos como exemplos da aplicação (ou ausência) de boas práticas de computação científica. A medida que o repositório se desenvolve e as funções tornam-se mais versáteis, será possível escrever exemplos no formato de IPython Notebooks, como os encontrados em (<https://git.io/vhKxm>). A leitura e crítica de códigos antigos são práticas importantes para qualquer programador, e expor isso num ambiente de aprendizagem como o MinicursoCCB irá enriquecer a experiência educacional no sentido de que os participantes poderão aprender com os erros de seus pares e observar a adoção gradual de boas práticas.

Outra possibilidade é buscar incorporar as desenvolvidas para uso específico do autor nos repositórios já existentes de análise de dados de CTD (FERNANDES, 2018; CASTELÃO, 2018), que são muito mais completos e bem-estruturados. Como ambos os repositórios citados são públicos na plataforma GitHub, é possível fazer a colaboração usando o sistema de *forks*, *branches* e *pull requests* (consultar o Guia Hello World disponível em <https://guides.github.com/activities/hello-world/> para uma explicação rápida). Realizando um *fork* (cópia) de um desses repositórios, é possível criar um *branch* (versão alternativa) para adicionar opções de acomodar os dados de múltiplas estações e/ou advindos dos modelos SBE® 37-SM MicroCat. Se as funções funcionarem, os autores originais dos repositórios podem optar por incorporar as mudanças feitas pelo colaborador através de um *pull request* (solicitação de sincronização). Alternativamente, é possível manter o *fork* sem incorporar as mudanças nos repositórios originais.

2.5.2 Formulário de avaliação do minicurso

A recepção do curso ilustrou o anseio por matérias desse tipo, devido a demanda por essas habilidades em ambos mercado profissional bem como no meio acadêmico (MacARTHUR, 2009). Os comentários sobre a organização e conteúdo programático também evidenciaram que dinâmicas no formato de minicurso são adequadas para a transmissão desses conhecimentos e para fornecer um espaço de troca entre ambos organizadores e participantes. Um dado surpreendente, no entanto, foi a unanimidade, por todos os participantes, de que as instituições de ensino devem optar por *software* livre (Quadro 4), e, entre os usuários de Windows, de que depois do curso se tornaram mais dispostos a experimentar um sistema operacional aberto, como o Ubuntu. Os relatos

presentes nas respostas descritivas demonstraram grande entusiasmo no tema (Quadro 6), com sugestões para aplicação de um segundo módulo, como ilustrado na resposta da Questão 13 – Seção II, “Quais são suas sugestões, críticas ou elogios para o Minicurso?”:

“Adorei o curso, foi essencial e muito bom na minha formação como Bióloga. Uma sugestão que eu daria seria criar uma segunda etapa ou um módulo extra do curso um pouco mais prático. Um espaço para que pudéssemos, com auxílio, realmente acessar um banco de dados e trabalhar na análise dos dados até o resultado final. Mesmo que fosse algo bem simples, auxiliaria bastante na aprendizagem. Também achei o material super completo e farei bom proveito do mesmo!”
(Participante anônimo)

A aplicação do formulário de avaliação foi um fator fundamental para obter um *feedback* quantitativo e qualitativo para aprimorar o material didático e os eventos do minicurso. Além disso, forneceu uma visão do ponto de vista de estudantes de graduação, pós-graduação e profissionais formados sobre o ensino de programação para biólogos. A segunda edição do MinicursoCCB poderá contar com várias melhorias para continuar fazendo uma diferença no cenário acadêmico local, especialmente na UFSC, que já conta com grupos de estudos de programação, tal como o Caravela Hacker Club (<http://caravela.ufsc.br/>). Apesar de iniciativas como o MinicursoCCB, o I Ciclo de Palestras de Biologia Computacional (que ocorreu um dia após o minicurso, trazendo profissionais de áreas como bioinformática, oceanografia e desenvolvimento de *software* científico) ainda serem pontuais, estas promovem discussão e espaços de troca entre interessado em computação científica, o que pode vir a motivar modernizações dos currículos de ensino superior para acomodar esse tema, uma questão urgente no cenário de ensino superior de ciência no Brasil.

3 CAPÍTULO II: VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DA ESTRUTURA DA COLUNA D'ÁGUAS DA LAGOA DE SANTO ANTÔNIO (LAGUNA – SC)

3.1 RESUMO

O complexo lagunar centro-sul catarinense (CLSC) é um sistema estuarino de vital importância para o Estado de Santa Catarina. O principal componente do CLSC, comumente chamado de “laguna”, é composto pelas Lagoas do Mirim, do Imaruí e de Santo Antônio; essa última destaca-se por conectar a “laguna” ao oceano adjacente através de um estreito canal, e por abrigar a foz do Rio Tubarão. Por ser um elemento de alta importância socioeconômica, a Lagoa de Santo Antônio requer efetivo gerenciamento ambiental, que deve ser feito de planejado com uma estratégia compreensiva e multidisciplinar; embora estudos prévios tenham descrito amplamente aspectos geomorfológicos, sedimentológicos e arqueológicos desse ecossistema, ainda existem lacunas principalmente em relação à características oceanográficas do estuário, que podem influenciar os fenômenos biológicos, e, por consequência, os serviços ecossistêmicos. Foi realizado o primeiro estudo sazonal e espacial da composição da coluna d'água da Lagoa de Santo Antônio, amostrando profundidade, condutividade, temperatura e clorofila *a* na água em vinte diferentes estações amostrais. Quatro saídas embarcadas foram realizadas, respectivamente nos meses de janeiro, maio, julho e outubro de 2017, buscando uma representação da variação sazonal, com lançamento de um instrumento perfilador CTD e coleta de água de superfície (para análise de clorofila *a*) em cada estação. Os dados sugerem uma possível diferenciação da Lagoa em quatro zonas espaciais: i) o canal da margem leste, que corresponde ao transporte de água marinha para dentro do estuário, ii) a foz do Rio Tubarão, na porção sudoeste da Lagoa, responsável pela descarga fluvial, e iii) o banco da porção oeste da Lagoa, onde a menor profundidade e a mistura das águas provenientes das zonas anteriores influenciam a produtividade; apesar de não terem sido diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,05$), os baixos valores de p encontrados estimulam novos estudos com um maior número amostral. O presente trabalho, até onde pudemos levantar na literatura disponível, representa o primeiro estudo espacial e temporal na Lagoa de Santo Antônio, indicando ainda a necessidade de continuação de estudos similares nessa região, com o objetivo de elucidar os mecanismos determinantes da produtividade do ecossistema e fornecer um quadro metodológico para a execução de um programa de monitoramento

contínuo que poderia ser integrado às políticas públicas para um gerenciamento efetivo da região.

3.2 INTRODUÇÃO

No Brasil, o estado de Santa Catarina (SC) compreende uma faixa litorânea com cerca de 430km, composta por dois segmentos principais, um trecho relativamente estreito de dunas arenosas que se estende de Torres (Rio Grande de Sul) até o Cabo de Santa Marta (CSM), na porção sul de SC, e um trecho mais longo de costa repleto de baías alternando-se com cabeceiras rochosas, ilhas e praias marcadas pelo embasamento proterozóico, que se estende do CSM até a Barra do Saí (fronteira com estado do Paraná, ao norte) (HESP, 2009). A transição entre esses dois segmentos, é pronunciada no trecho entre o CSM e o município de Laguna, onde ocorre mudança na orientação da linha de costa (de ENE para NNE), e que marca a fronteira geográfica natural entre o litoral sul e sudeste do Brasil (GIANNINI, 2002), situados em diferentes compartimentos tectônicos (HESP, 2009) (Figura 3-1).

Ao longo dessa área de transição, entre os municípios de Garopaba e Jaguaruna, encontra-se o Complexo Lagunar Centro-Sul Catarinense (CLSC), formado pela deposição de sedimentos quaternários entre obstáculos rochosos e marcado historicamente pela ocupação humana (HESP, 2009); registros dos *sambaquis* (“pilha de conchas” em Tupi), que são depósitos culturais de populações humanas, datam de 4500 a 1500 anos atrás para essa região, sendo encontrados predominantemente ao redor de ecótonos altamente produtivos de baías, praias e lagunas, onde ocorre a mistura de águas marinhas e continentais, permitindo a ocorrência da vegetação de manguezais e de uma rica biodiversidade (GASPAR, 2008). Nesse contexto, o CLSC torna-se uma zona de grandes singularidades geomorfológicas, arqueológicas e ecológicas (GIANNINI, 2002), onde os ambientes estuarinos ali presentes dão suporte a uma série de fenômenos biológicos (SIMÕES-LOPES, 1998; FONSECA e NETTO, 2006).

Por definição, estuários indicam um ambiente de transição entre o oceano e o continente, sob constante influência de forçantes naturais como descargas fluviais e fluxos de sedimento na parte interna, e transporte de água do mar através de padrões de marés; a complexidade dessas interações, aliada ao histórico de ocupação humana nessas áreas resulta em um ecossistema particularmente vulnerável a fatores antrópicos (MIRANDA, 2002).

dentro da Lagoa e a conexão com a célula adjacente, da Lagoa do Imaruí, regidos principalmente pela pressão eólica (FONSECA e NETTO, 2006).

O município de Laguna, situado ao redor da Lagoa de Santo Antônio, é de grande importância histórica para o Estado de SC e para o Brasil, sendo local de demarcação do Tratado de Tordesilhas, assinado no século XV, palco de eventos da Revolução Farroupilha, no século XIX, reconhecida como patrimônio histórico nacional e cidade histórica de SC (BITENCOURT, 1996); por consequência, a Lagoa de Santo Antônio sempre foi de vital importância para a população da cidade, provendo sustento para inúmeras comunidades pesqueiras e até sendo berço de relações ecológicas únicas como a pesca cooperativa da tainha (*Mugil* sp.) entre os pescadores artesanais e os botos (*Tursiops truncatus*) (SIMÕES-LOPES, 1998; PETERSON, 2008). A dependência do município de Laguna dos serviços ecossistêmicos gerados pela Lagoa, no contexto das características geomorfológicas (HESP, 2009; AMARAL, 2012), arqueológicas (GIANNINI, 2002; GASPAR, 2008) e sedimentológicas (FONSECA e NETTO, 2006) da região, indica a necessidade de um efetivo gerenciamento ambiental.

Portanto, ações locais de pesquisa e gerenciamento devem adotar uma abordagem interdisciplinar, levando em conta fatores como indicadores biológicos, características oceanográficas (físicas e químicas) e meteorológicas e impactos antrópicos. Apesar dos aspectos citados no parágrafo anterior serem descritos amplamente na literatura, existe uma lacuna no que se trata da dinâmica de massas d'água dentro da Lagoa de Santo Antônio. Considerando que a mistura e estratificação de massas d'água é um elemento determinante dos fenômenos biológicos em estuários (HARDING, 2002, WHITFIELD, 2012; AGBOOLA e KUDO, 2014), sua compreensão torna-se fundamental para a integração de outros conhecimentos a respeito desse sistema. Concomitante a isto, a medição de concentração de clorofila *a* (*chl-a*) e de nutrientes inorgânicos podem elucidar a dinâmica da biomassa fitoplanctônica e indicativos sobre a produtividade primária na Lagoa (CANION, 2013), como já foi realizado em outras lagoas costeiras na região Sul do Brasil, mais notavelmente a Lagoa dos Patos (RS) (ABREU, 1994; FONSECA e BRAGA, 2004; FUJITA e ODEBRECHT, 2007); o acompanhamento destes parâmetros ecológicos em diferentes escalas temporais auxilia enormemente o entendimento e capacidade de predição dos processos de produção primária e eutrofização (PROENÇA, 2002; ABREU, 2010; MOTA, 2013).

Estudos com amostragens de indicadores biológicos na Lagoa de Santo Antônio (EICHLER, FONSECA e NETTO, 2006), embora

compreensivos na variação espacial, descrevem de forma pontual as variações temporais das massas d'água e da biomassa fitoplanctônica que é a base da teia alimentar dos estuários (LALLI e PARSONS, 2006). O presente estudo, portanto, tem o objetivo de preencher essa lacuna, descrevendo variações sazonais e temporais na estratificação e mistura das águas da Lagoa de Santo Antônio, relacionando isso com a concentração de clorofila *a*, de forma a identificar as concentrações de biomassa fitoplanctônica que conferem os serviços ecossistêmicos gerados pela Lagoa, assim como já foi relatado em processos de mesoescala no ambiente marinho da plataforma continental adjacente (revisado por CASTRO, BRAGA e NIENCHESKI, GAETA e BRANDINI, 2006). A composição e a interação das massas d'água nessa região do Oceano Atlântico demonstram um sistema extremamente dinâmico e heterogêneo, com a região ao redor CSM sendo sujeita a constantes eventos de ressurgência, especialmente na primavera e verão. As águas da plataforma continental nessa área são uniformemente estratificadas, com água salgada e quente advinda da Corrente do Brasil na superfície sobre massas d'água central do Atlântico Sul (ACAS), mais frias, ricas em nutrientes e menos salinas (ACHA, 2004). Apesar desses fenômenos serem bem documentados na plataforma continental ao redor do CSM (CASTELÃO, 2004; CAMPOS, 2013), a sua influência nos sistemas estuarinos e lagunas costeiras da região ainda é pouco entendida (COSTA, 1988; MÖLLER, 2001).

3.3 METODOLOGIA

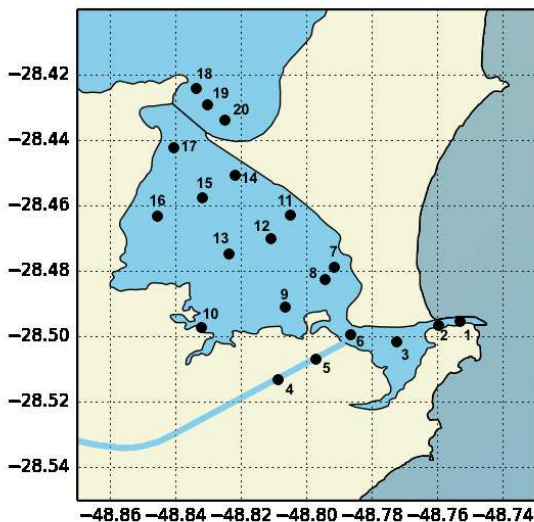
Para obtenção dos dados, foram empregadas duas estratégias: amostragem *in situ* com afundamento de um perfilador CTD (37-SM MicroCat, SeaBird Electronics®) para medição de temperatura, condutividade e profundidade da coluna d'água e coletas de superfície para análises posteriores em laboratório.

3.3.1 Área de estudo

A malha amostral estende-se da latitude Sul -28.424, na estação 18, até a latitude -28.513, na estação 4 e da longitude Oeste -48.846, na estação 16, até a longitude -48.753, na estação 1 (Figura 3-2). A escolha das estações foi feita de forma a representar as áreas de entrada de água marinha (estações 1, 2 e 3), áreas do Rio Tubarão (estações 4, 5 e 6), transectos paralelos à orientação da Lagoa (estações 7, 8, 9 e 10, 11, 12 e

13, 14, 15 e 16), e uma seção de transição para a célula adjacente da Lagoa do Imaruí (estações 17, 18, 19 e 20).

Figura 3-2: Mapa das estações amostrais na Lagoa de Santo Antônio. Em destaque na Figura 3-1.



Fonte: gerado pelo autor (2018).

3.3.2 Saídas e amostragens

Quatro saídas embarcadas foram realizadas para coleta de dados no estuário da Lagoa de Santo Antônio, nas datas de 25 de janeiro (verão), 27 de maio (outono), 08 de julho (inverno) e 01 de outubro (primavera) de 2017, iniciando sempre no período da tarde, em torno das 13:00h e terminando por volta das 18:00h. As vinte estações determinadas eram amostradas seguindo a distribuição da malha amostral, sendo realizado a bordo da embarcação o lançamento do CTD e as coletas de água. Para as coletas de água de superfície, foram utilizadas garrafas PET previamente lavadas com água doce e enxaguadas com água do local de amostragem antes de cada coleta. As amostras destinadas à análise de clorofila *a* foram abrigadas da luz até serem processadas conforme método descrito a seguir.

3.3.3 Análise de clorofila *a*

Imediatamente após cada saída, as amostras de clorofila *a* foram filtradas por meio de uma bomba à vácuo em um filtro de fibra de vidro GF/F (Whatmann) (25mm de diâmetro e malha de 0.7µm). O volume filtrado foi registrado e os filtros imediatamente congelados.

Para estimar a concentração da chl-*a* presente nos filtros foi utilizado o método de extração com acetona e leitura no espectrofotômetro (LORENZEN, 1967). Cada filtro foi mergulhado em 10mL de acetona 90% por 24h em temperatura menor que 0 °C (freezer comum). A absorbância (Abs) da amostra de acetona era lida no espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 665nm e 750nm, em seguida eram adicionados 0,2mL de HCl (1% v/v) e a leitura era novamente realizada nos mesmos comprimentos. A partir do volume filtrado e da diferença na absorbância (Abs) entre os diferentes comprimentos de onda com e sem a acidificação da amostra, era determinado a concentração de clorofila (CC) na unidade de mg/L (Fórmula 1).

Fórmula 1: Equação de estimação da concentração de clorofila (CC), onde $K = 2,43$, $\Delta E_o = \text{Abs } 665\text{nm} - \text{Abs } 750\text{nm}$ sem acidificação, $\Delta E_a = \text{Abs } 665\text{nm} - \text{Abs } 750\text{nm}$ com acidificação, $V_e =$ volume de extração em mL = 10, $L =$ caminho da luz na cubeta em cm = 1 e $V_f =$ volume filtrado em L.

$$\frac{11,4 * K * (\Delta E_o - \Delta E_a) * V_e * L}{V_f} = CC \left(\frac{mg}{L} \right)$$

3.3.4 Níveis de precipitação e de maré

Os dados de maré foram cedidos pelo serviço meteorológico da EPAGRI/CIRAM (EPAGRI – SC), e os dados meteorológicos dos registros históricos das estações meteorológicas automáticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET – Brasil).

3.3.5 Preparação de dados

A análise de dados foi realizada em ambiente IPython (PÉREZ e GRANGER, 2007) e o processamento foi principalmente com as

bibliotecas NumPy (OLIPHANT, 2006) e Pandas (McKINNEY, 2010). Para a plotagem foram usadas as bibliotecas Matplotlib (HUNTER, 2007) e Cartopy (MET OFFICE, 2015). A *stack* completa de bibliotecas, incluindo a versão de cada pacote, bem como os *scripts* desenvolvidos para a análise estão disponíveis no link (<https://git.io/vhwKY>).

3.3.6 Análises estatísticas

Foi realizado Teste *t* de Student, unicaudal e de variância desigual, para constatar diferença significativa entre a temperatura da água nas diferentes saídas.

Na análise de clorofila, foi realizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para verificar diferença significativa ($p = 0.05$) entre os valores de concentração de clorofila de cada amostragem. O teste Kruskal-Wallis testa a hipótese nula de que as medianas populacionais de dois grupos são iguais, como uma versão não paramétrica da ANOVA.

3.4 RESULTADOS

Os resultados dividem-se em i) dados meteorológicos e de maré, ii) dados do perfilador CTD, que incluem figuras de valores de temperatura de superfície e fundo da água e figuras das seções transversais da Lagoa, buscando representar uma possível estratificação da coluna d'água e iii) dados superficiais de clorofila *a*, que também foram gerados utilizando a malha amostral representando a concentração de clorofila (mg/L).

3.4.1 Níveis de maré e precipitação

A Tabela 3-1 ilustra o nível da maré em cada saída. Nas saídas de verão e primavera, existe um perfil mais notável de maré vazante, enquanto no outono o nível da maré já está mais alto do que o de todas as saídas, e continua a aumentar ao longo da tarde. No inverno a maré se mantém mais uniforme, com seu nível aumentando ao longo da tarde e depois diminuindo, se aproximando do nível inicial.

Os níveis de precipitação (descarga pluvial) em mm estão representados até cinco dias antes de cada saída na Tabela 3-2. Apesar de na saída do dia 25/01 o nível de precipitação registrado pela estação do INMET ter sido de meros 4mm, a amostragem desse dia foi acompanhada de intensos ventos e chuvas, característicos de um sistema de baixa pressão. Formou-se uma tromba d'água na Lagoa de Santo Antônio muito

próxima à embarcação, o que quase botou em cheque a segurança da amostragem. Um registro desse fenômeno está disponível em (<https://youtu.be/9p2j1tqulSM>) (vídeo por Marcelo Bernarecki).

Tabela 3-1: Nível da maré de hora em hora durante cada amostragem.

DATA E HORA	25/01/17 - VERÃO	27/05/17 - OUTONO	08/07/17 - INVERNO	01/10/17 - PRIMAVERA
13:00	19.0	21.2	9.1	10.5
14:00	18.3	25.3	11.7	12.6
15:00	16.4	29.5	12.5	12.2
16:00	14.1	32.3	12.8	10.1
17:00	10.5	36.7	10.5	7.4
18:00	9.2	36.3	8.0	4.5

Fonte: EPAGRI/CIRAM (2018).

Tabela 3-2: Níveis de precipitação em mm para até 5 dias antes das amostragens. Cada linha representa um dia anterior a amostragem, desde o dia da amostragem (T 0) até 5 dias antes (T -5).

DIAS ANTERIORES	25/01/17 - VERÃO	27/05/17 - OUTONO	08/07/17 - INVERNO	01/10/17 - PRIMAVERA
T 0	4	61	0	0
T -1	0	3	0	15
T -2	15	0	0	9
T -3	0	4	0	1
T -4	0	0	0	0
T -5	0	0	0	0

Fonte: Estação meteorológica de Laguna/Farol de Santa Marta, INMET (2018).

3.4.2 Temperatura e salinidade de superfície e fundo

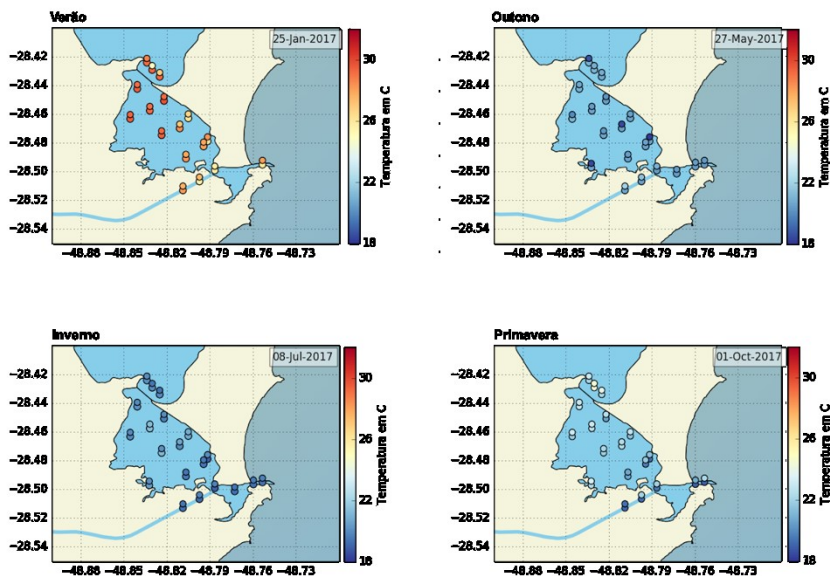
A temperatura da água na Lagoa foi consideravelmente maior no verão (janeiro), com valores de superfície significativamente mais altos ($p < 0.0001$) do que a saída de outono (médias de $27,85^{\circ}\text{C} \pm 1,27$ e $22,33^{\circ}\text{C} \pm 1,199$, respectivamente (Tabela 3-3: Média e desvio padrão (\pm) dos valores de temperatura superficial (T. SUP.), temperatura de fundo (T. FUN.), salinidade de superfície (S. SUP.) e salinidade de fundo (S. FUN.) de cada amostragem.). As amostragens de primavera (outubro) e inverno (julho) foram as únicas que não demonstraram diferenças significativas ($p = 0,05$) de temperatura entre si, para ambas superfície e fundo. No verão, é possível observar valores de temperatura de fundo mais elevados do que de superfície nas

estações 13 até 17 (Figura 3-3) (Consultar a Figura 3-2: Mapa das estações amostrais na Lagoa de Santo Antônio. para a numeração das estações). Isso pode sugerir que, devido à baixa profundidade nessas áreas, o aquecimento dos sedimentos pela luz solar pode contribuir mais para a temperatura d'água do fundo do que as massas d'água na superfície. Esse gradiente também é observado nas amostragens de outono e inverno, embora de forma menos conspícua.

Tabela 3-3: Média e desvio padrão (\pm) dos valores de temperatura superficial (T. SUP.), temperatura de fundo (T. FUN.), salinidade de superfície (S. SUP.) e salinidade de fundo (S. FUN.) de cada amostragem.

AMOSTRAGEM	T. SUP.	T. FUN.	S. SUP.	S. FUN
JANEIRO - VERÃO	27,85 \pm 1,28	28,11 \pm 1,54	10,34 \pm 5,59	20,16 \pm 8,74
MAIO - OUTONO	20,23 \pm 1,02	20,64 \pm 0,22	19,18 \pm 10,47	28,47 \pm 4,61
JULHO - INVERNO	19,94 \pm 0,52	19,85 \pm 0,68	13,91 \pm 10,20	25,64 \pm 6,79
OUTUBRO - PRIMAVERA	22,33 \pm 1,20	21,08 \pm 1,63	14,74 \pm 11,06	29,79 \pm 3,74

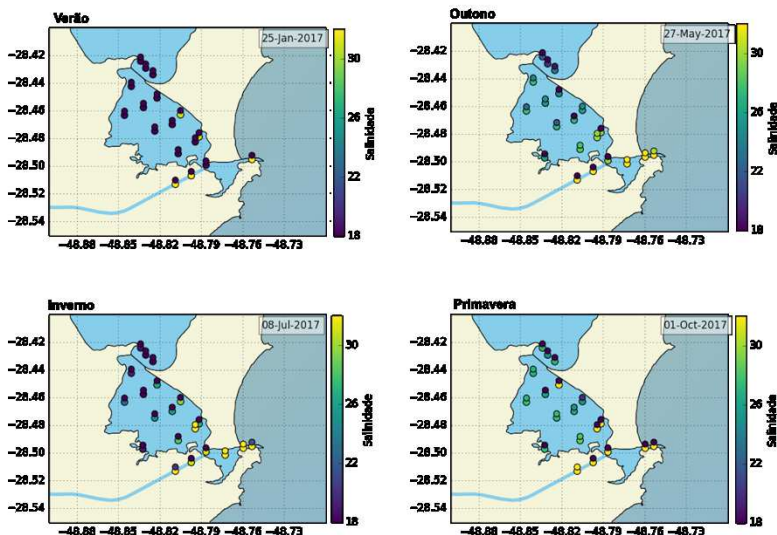
Figura 3-3: Valores de temperatura da água na superfície (circunferências em cima, em primeiro plano) e no fundo (circunferências embaixo, em segundo plano).



Fonte: gerado pelo autor (2018).

Quanto à salinidade, as estações cuja coluna d'água encontrava-se mais estratificada foram as do Rio Tubarão (Estações 4, 5, 6) e as do canal da margem leste da Lagoa (Estações 7, 11 e 14) (Figura 3-4: Valores de salinidade da água na superfície (em cima, em primeiro plano) e no fundo (embaixo, segundo plano)). Foi possível observar pequenos focos de ressurgência da pluma halina, como na Estação 8 na amostragem de inverno e na Estação 4 na amostragem de primavera. É possível observar a influência do transporte de água marinha especialmente nas estações do canal da margem leste, evidenciado especialmente nas saídas de outono e primavera.

Figura 3-4: Valores de salinidade da água na superfície (em cima, em primeiro plano) e no fundo (embaixo, segundo plano).



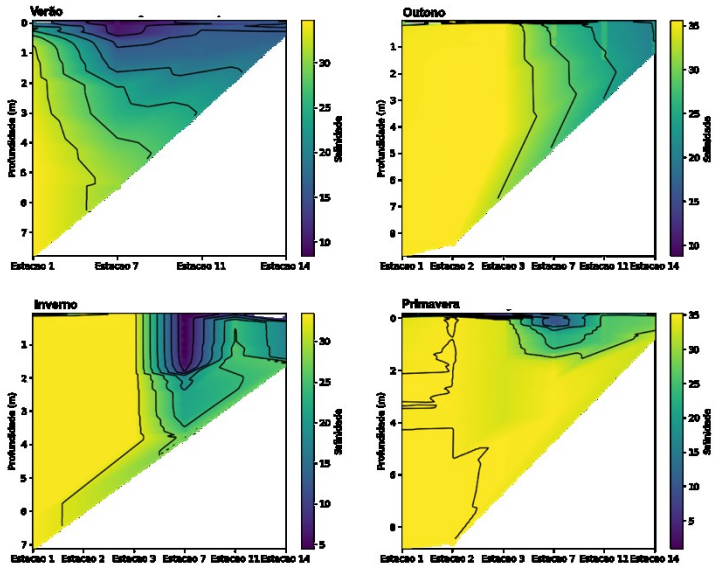
Fonte: gerado pelo autor (2018).

3.4.3 Seções transversais da Lagoa

Para observar a estratificação da coluna d'água e a extensão da haloclina, foram construídos gráficos de seções transversais de duas áreas da Lagoa, das três estações do Rio Tubarão e das estações do canal dos molhes (Estações 1, 2 e 3) em conjunto com as estações do canal da margem leste da Lagoa (consultar o parágrafo anterior e a Figura 3-2: Mapa das estações amostrais na Lagoa de Santo Antônio. para a numeração). Na seção transversal do canal a pluma de água doce do Rio Tubarão pode ser observada influenciando a salinidade da coluna d'água ao redor da Estação 7, especialmente nas saídas de inverno (julho) e primavera (outubro) (Figura 3-5: Seções transversais de salinidade do canal dos molhes e canal da margem leste. A Estação 1 corresponde à abertura do canal para o mar.).

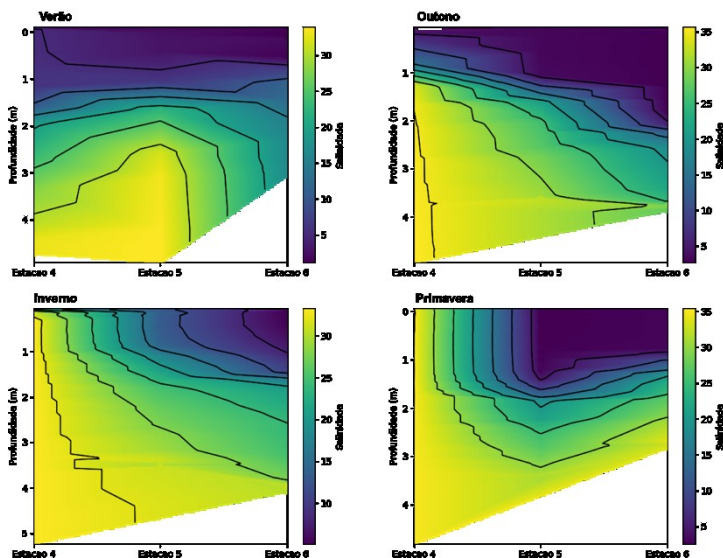
As seções transversais do Rio Tubarão demonstram a variação da influência da descarga de água doce do rio, que parece mais ampla nas amostragens de verão e outono e mais restrita nas saídas de inverno e primavera (Figura 3-6).

Figura 3-5: Seções transversais de salinidade do canal dos molhes e canal da margem leste. A Estação 1 corresponde à abertura do canal para o mar.



Fonte: gerado pelo autor (2018).

Figura 3-6: Seções transversais de salinidade do Rio Tubarão ilustrando a haloclina. A Estação 4 encontra-se na foz do rio, enquanto a Estação 6 encontra-se para dentro do rio.



Fonte: gerado pelo autor (2018).

3.4.4 Concentração de clorofila na superfície

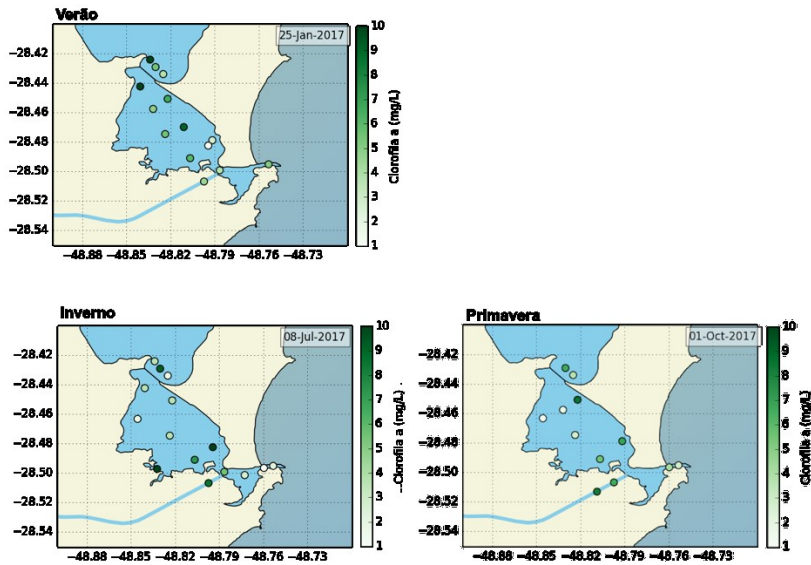
A média da concentração de clorofila foi maior no verão ($6,91 \pm 6,47$ mg/L) e menor na primavera ($4,94 \pm 2,50$ mg/L). As variações também foram maiores no verão, que apresentou o maior valor máximo (27,70 mg/L na Estação 18) e o menor valor mínimo (0,62 mg/L na Estação 8) (Tabela 3-4). No entanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as saídas para $p = 0,05$ (Kruskal-Wallis). Ao separar as três zonas pré-determinadas da Lagoa, o canal da margem leste (Estação 1, 7, 11 e 14), o Rio Tubarão (Estação 4, 5 e 6) e o banco oeste da Lagoa (Estações 13, 15, 16 e 17) (Consultar Figura 3-2 para a numeração) (Figura 3-7), não foram encontradas diferenças significativas para $p = 0,05$, porém foram obtidos valores de $p < 0,8$. A distribuição da clorofila pode ser consultada na

Tabela 3-5.

Tabela 3-4: Média aritmética com desvio padrão (\pm), valores mínimos e máximos e estações correspondentes. Todos os valores são concentração de clorofila em mg/L.

	Média \pm Desvio p.	Mínimo	Estação	Máximo	Estação
Janeiro - verão	6,91 \pm 6,47	0,62	st8	27,70	st18
Julho - Inverno	5,53 \pm 4,19	1,11	st2	14,77	st13
Outubro - Primavera	4,94 \pm 2,50	1,39	st16	8,62	st14

Figura 3-7: Concentração de clorofila nas águas de superfície.



Fonte: gerado pelo autor (2018).

Tabela 3-5: Valores de clorofila em mg/L para cada estação.

ESTAÇÃO	JANEIRO - VERÃO	JULHO - INVERNO	OUTUBRO - PRIMAVERA
1	5,08	2,22	2,77

2	-	1,11	4,16
3	-	2,77	-
4	-	-	2,77
5	4,58	8,60	4,16
6	3,84	5,54	-
7	2,77	-	6,93
8	0,62	12,93	-
9	6,09	7,39	5,54
10	-	-	-
11	9,07	-	-
12	5,54	3,69	2,77
13	-	14,77	-
14	6,65	3,69	-
15	4,82	-	1,85
16	-	1,85	1,39
17	10,65	3,69	-
18	27,70	3,69	-
19	3,84	1,85	3,69
20	5,54	9,23	8,62

Fonte: gerado pelo autor (2018).

3.5 DISCUSSÃO

Os dados demonstram que, apesar da baixa renovação de água na Lagoa (UNISUL apud BERRETA, 2007), as diferentes estações apresentam configurações distintas conforme o período do ano, o que pode, de certa forma corresponder às variações sazonais que ocorrem em processos de mesoescala na plataforma continental. Na plataforma adjacente, a diminuição da camada de mistura começa na primavera e esse processo se intensifica no verão. Embora o ambiente da plataforma seja muito mais heterogêneo do que o do estuário, processos que ali ocorrem podem ser de grande influência para a produtividade na Lagoa (AGBOOLA e KUDO, 2013). Na Figura 3-4, podemos observar o padrão de diminuição da camada de mistura no estuário, com a cunha salina se estendendo até a Estação 11, no verão, e 14, na primavera; a mesma figura

sugere que a estratificação da coluna d'água é mais intensa no canal da margem leste e no Rio Tubarão, onde é possível observar a penetração da cunha salina nas Figura 3-5 e na Figura 3-6. O banco da porção oeste da Lagoa, onde as profundidades chegam a ser tão pequenas quanto 0,5 metro, resultando em valores mais uniformes de salinidade na superfície e no fundo. Nas saídas de verão e primavera também houve diferença da superfície e fundo para os valores de temperatura. Enquanto no inverno e outono as temperaturas de superfície e fundo foram similares, sempre na casa dos 22 °C (Tabela 3-3 e Figura 2-1). As baixas salinidades para as águas de fundo na saída de verão (Figura 3-4) podem ter sido devido ao sistema de baixa pressão que provocou fortes chuvas na Lagoa, e, embora isso não seja evidenciado na Tabela 3-2, foi um fenômeno conspícuo, que pode ser observado no vídeo da seção de **Resultados de Níveis de maré e precipitação**.

As informações de salinidade e temperatura demonstram um ciclo sazonal da variação na camada de mistura das águas no estuário. Na plataforma continental adjacente, existe uma estratificação permanente da coluna d'água, devido à profundidade. Quando as temperaturas começam a aumentar, por volta da primavera, a camada de mistura da plataforma diminui, a estratificação se intensifica, e o confinamento de nutrientes na zona fótica induz aumentos da produtividade (BRANDINI, 1990). Isso pode explicar o aumento de clorofila na zona do meio da Lagoa, observado na Figura 3-7. É interessante que no inverno e outono existem maiores concentrações de clorofila no Rio e nas Estações 7 e 9, e no verão o nível de clorofila dessas estações diminui. Considerando as diferenças sazonais, é possível perceber que existe um *shift* de onde são os pontos de maiores concentrações de clorofila *a*, corroborando a hipótese de que a Lagoa pode estar sujeita à influência de eventos de ressurgência locais nas proximidades do Cabo de Santa Marta, que são determinados por processos de mesoescala em uma variabilidade sazonal (CAMPOS, 2013).

Os dados do presente trabalho são inéditos, em seu escopo, para essa localidade, cuja importância socioeconômica e ambiental justifica a necessidade de uma compreensão ecossistêmica com embasamento em dados concretos, para que ações de gerenciamento ambiental possam ser justificadas por meio de análises científicas.

4 CONCLUSÃO

Refletindo sobre o processo que culminou na construção dos dois capítulos, foi possível cumprir o objetivo de elaborar um esforço integrado de ensino, pesquisa e extensão. O Capítulo I compreendeu a elaboração de um material didático de ensino, além de realizar uma pesquisa (mesmo que breve) na área de educação, uma ação de extensão que provocou alta demanda, e o desenvolvimento de uma ferramenta computacional útil para a prática de pesquisa; o Capítulo II descreveu variações espaciais e sazonais na estrutura da coluna d'água da Lagoa de Santo Antônio (Laguna – SC), e forneceu um quadro metodológico para a continuação de estudos na região, na qual se incentiva a implantação de algum tipo de monitoramento contínuo para que possam obter-se uma série de dados temporais que vão gradativamente se tornando mais robustos e crescem para a compreensão do ecossistema do sistema estuarino de Laguna e municípios do entorno, que é de extrema importância socioeconômica, ambiental e cultural para a região.

Do ponto de vista dos resultados, o Capítulo I demonstrou que as ações de extensão foram extremamente bem-sucedidas, sendo recepcionadas por entusiasmo pela comunidade acadêmica local. Isto confirma o anseio por uma difusão maior do tema de computação científica e uso de informática na pesquisa, que precisa ser inserido com urgência nas pautas curriculares de cursos de ciência em todo o país. Para além disso, existe a questão econômica e política do uso, por parte das universidades, de *software* livre e aberto, em oposição ao *software* proprietário e fechado. As instituições de ensino devem prezar pelo primeiro, pois garante a acessibilidade de todos, como intencionado pelas universidades públicas, gratuitas e de qualidade. Os resultados do Capítulo II propiciaram dados inéditos para o ambiente da Lagoa de Santo Antônio, e para o complexo lagunar centro-sul catarinense como um todo. Apesar de faltar significância estatística na maioria dos resultados, já foi possível observar padrões que indicam a necessidade e realçam o interesse por futuros estudos. De forma conjunta, os dois capítulos ilustraram um esforço integrado de ensino, pesquisa e extensão, que é como a prática universitária deve ser pensada, planejada e executada. Do ponto de vista da formação do profissional biólogo, a união desses três elementos constitui uma abordagem que une os conhecimentos biológicos aos sociais, políticos, econômicos e culturais (BRASIL, 2001).

4.1 PERSPECTIVAS

As perspectivas que se originam deste trabalho são excitantes e ajudarão a direcionar esforços futuros. É de intenção do autor e orientador a publicação, de forma independente, dos capítulos em periódicos revisados por pares. Embora a deposição do TCC na Biblioteca da instituição do ensino seja uma consolidação importante desse produto do conhecimento, é importante que este trabalho continue se desdobrando e contribuindo para ações de ensino, pesquisa e extensão; por conta disso é importante sua publicação em outros meios.

No Capítulo I, as reflexões que nascem dos resultados apontam nitidamente para a necessidade de pesquisas, na área de educação, a respeito do ensino de programação para estudantes de ciências da vida e áreas afins. Embora o capítulo tenha se limitado a uma ação local, seria de grande interesse uma coleta de dados quantitativos a nível nacional, através de, por exemplo, análise de currículos de curso de graduação e pós-graduação.

No Capítulo II, os resultados ilustrados neste trabalho são parciais no contexto dos projetos desenvolvidos pelo Grupo de Oceanografia Costeira (UDESC – Laguna). Existe uma demanda pela contínua exploração de dados dessa região, implicando na necessidade de novas saídas de amostragem. Analisando os resultados deste capítulo, constata-se que seria proveitoso um aprofundamento das análises estatísticas, e uma melhor integração com os dados meteorológicos, especialmente de vento, temperatura e maré, que estão prontamente disponíveis para a região. No entanto, os códigos computacionais apresentados no Capítulo I já fornecem uma base sólida para o processamento de dados obtidos no futuro, permitindo uma melhoria na qualidade das análises. Também está previsto, para o projeto, a obtenção de dados de concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos na água, especialmente nitrogênio e fósforo. Os dados de nutrientes e clorofila *a*, junto dos dados da estrutura da coluna d'água, podem contribuir enormemente para o conhecimento ambiental da região, e irão auxiliar na compreensão de fenômenos biológicos que garantem serviços ecossistêmicos vitais para a população do município de Laguna e entorno. Logo, as repercussões deste TCC estão presentes em múltiplas esferas da sociedade, contribuindo desde a formação acadêmica até o embasamento de dados científicos que podem ser usados como justificativa para implementação de políticas públicas de gerenciamento ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. C. et al. Short- and Long-Term Chlorophyll a Variability in the Shallow Microtidal Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. **Estuaries and Coasts**, v. 33, n. 2, p. 554–569, 2010.
- ABREU, P. C.; ODEBRECHT, C.; GONZÁLEZ, A. Particulate and dissolved phytoplankton production of the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: Comparison of methods and influencing factors. **Journal of Plankton Research**, v. 16, n. 7, p. 737–753, 1994.
- ABREU-MOTA, M. A. et al. Sedimentary biomarkers along a contamination gradient in a human-impacted sub-estuary in Southern Brazil: A multi-parameter approach based on spatial and seasonal variability. **Chemosphere**, v. 103, n. August 2016, p. 156–163, 2014.
- ACHA, E. M. et al. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. **Journal of Marine Systems**, v. 44, n. 1–2, p. 83–105, 2004.
- AGBOOLA, J. I.; KUDO, I. Different contributions of riverine and oceanic nutrient fluxes supporting primary production in Ishikari Bay. **Continental Shelf Research**, v. 88, p. 140–150, 2014.
- ALBERT, I. The Biostar Handbook. 2018. Disponível em <https://www.biostarhandbook.com/>
- ALTSCHUL, S. F. et al. Basic local alignment search tool. **Journal of molecular biology**, v. 215, n. 3, p. 403–10, 1990.
- BERRETA, M. DOS S. A Qualidade Das Águas Da Lagoa Do Imaruí E Dos efluentes de carcinocultura - Laguna/SC. 2007.
- GASPAR, M. D. et al. Sambaqui (Shell Mound) Societies of Coastal Brazil. **The Handbook of South American Archaeology**, p. 319–335, 2008.
- BRAGA, E. DE S.; NIENCHESKI, L. F. H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chui (RS). **O ambiente oceanográfico da plataforma**

continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil. Edusp, , 2006.

BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984).

Hydrobiologia, v. 196, n. 2, p. 111–148, 1990.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parecer Conselho Nacional de Educação/Câmara de Ensino Superior n. 1.301** Brasil, 2001.

CAMPOS, P. C. et al. Seasonal variability and coastal upwelling near Cape Santa Marta (Brazil). **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 118, n. 3, p. 1420–1433, 2013.

CANION, A.; MACINTYRE, H. L.; PHIPPS, S. Short-term to seasonal variability in factors driving primary productivity in a shallow estuary: Implications for modeling production. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 131, p. 224–234, 2013.

CARVALHO, P. G. A. et al. Paleoenvironmental reconstruction of a Late Quaternary lagoon system in southern Brazil (Jaguaruna region, Santa Catarina state) based on multi-proxy analysis. **Journal of Quaternary Science**, v. 27, n. 2, p. 181–191, 2012.

CASADESUS-MASANELL, R.; GHEMAWAT, P. Dynamic mixed duopoly: A model motivated by Linux vs. Windows. **Management Science**, v. 52, n. 7, p. 1072–1084, 2006.

CASTELAO, R. M. Seabird: A parser for Seabird CTD and TSG output files. 2018. Disponível em <https://github.com/castelao/seabird>. Acesso em Junho 2018.

CASTELAO, R. M.; CAMPOS, E. J. D.; MILLER, J. L. A Modelling Study of Coastal Upwelling Driven by Wind and Meanders of the Brazil Current. **Journal of Coastal Research**, v. 203, n. 1987, p. 662–671, 2004.

CASTRO, B. M. DE et al. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) eo Chui (RS). **O ambiente**

oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. EDUSP, São Paulo, p. 11–120, 2006.

CASTRO, B. M. Summer/winter stratification variability in the central part of the South Brazil Bight. **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 15–23, 2014.

CHANG, J. Core services: Reward bioinformaticians. **Nature**, v. 520, n. 7546, p. 151–152, 2015.

COSTA, C. S. B.; SEELIGER, U.; KINAS, P. G. The effect of wind velocity and direction on the salinity regime in the Lower Patos Lagoon estuary. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 9, p. 909–912, 1988.

EICHLER, P. et al. Avaliação da saúde ecológica do Sistema Estuarino de Laguna (SC) baseado nas espécies de foraminíferos e tecamebas. **Pesquisas em Geociências**, v. 33, n. 1, p. 101–115, 2006.

EKMEKCI, B.; MCANANY, C. E.; MURA, C. An Introduction to Programming for Bioscientists: A Python-Based Primer. **PLoS Computational Biology**, v. 12, n. 6, p. 1–43, 2016.

FERNANDES, F. P. A. Python CTD: Tools to load hydrographic data as Pandas DataFrames. **PyOceans**. 2018. Disponível em <https://github.com/pyoceans/python-ctd>. Acesso em Junho de 2018.

FONSECA, A.; BRAGA, E. S. Temporal Dynamic of the Dissolved Nutrients and the Eutrophization Processes in a Southern Brazilian Coastal Lagoon, Conceição Lagoon Temporal Dynamic of the Dissolved Nutrients and the Eutrophization Processes in a Southern. **Journal of Coastal Research**, n. 39, p. 1229–1233, 2006.

FONSECA, G.; NETTO, S. A. Shallow sublittoral benthic communities of the Laguna Estuarine System, South Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, n. 1, p. 41–54, 2006.

FUJITA, C. C.; ODEBRECHT, C. Phytoplankton short term variability short term variability of chlorophyll a and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos lagoon estuary (Southern Brazil). **Atlântica**, v. 29, n. Lehman 2004, p. 93–106, 2007.

GAETA, S. A.; BRANDINI, F. P. Produção primária do fitoplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) eo Chuí (RS). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil, São Paulo, SP, Brasil**, EDUSP, p. 219–264, 2006.

GIANNINI, P. C. Complexo Lagunar Centro-Sul Catarinense - Valioso patrimônio sedimentológico, arqueológico e histórico. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: SIGEP, 2002. p. 213–222.

GONÇALVES, N. G. Indissociabilidade entre Ensino , Pesquisa e Extensão : um princípio necessário. **Perspectiva**, v. 33, n. 3, p. 1229–1256, 2015.

GOULART, A. F. a lenta trajetória da construção do porto de laguna. **história econômica & história de empresas X**, v. 1, p. 83–116, 2007.
HARDING, L. W.; MALLONEE, M. E.; PERRY, E. S. Toward a Predictive Understanding of Primary Productivity in a Temperate, Partially Stratified Estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, p. 437–463, 2002.

HESP, P. A. et al. The holocene barrier systems of the Santa Catarina Coast, Southern Brazil. **Lecture Notes in Earth Sciences**, v. 107, n. Almeida 1964, p. 93–133, 2009.

HOBIN, J. A. et al. Engaging basic scientists in translational research: identifying opportunities, overcoming obstacles. **Journal of translational medicine**, v. 10, n. 1, p. 72, 2012.

HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2D graphics environment. **Computing in Science and Engineering**, v. 9, n. 3, p. 99–104, 2007.

INCE, D. C.; HATTON, L.; GRAHAM-CUMMING, J. The case for open computer programs. **Nature**, v. 482, n. 7386, p. 485–488, 2012.

LOMAN, N.; WATSON, M. So you want to be a computational biologist? **Nature Biotechnology**, v. 31, n. 11, p. 996–998, 2013.

LORENZEN, C. J. Determination of Chlorophyll and Pheo???Pigments: Spectrophotometric Equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, n. 2, p. 343–346, 1967.

MacARTHUR, D. Why Biology Students Should Learn How to Program. **WIRED**. 2009. Disponível em <https://www.wired.com/2009/03/why-biology-students-should-learn-how-to-program/>

MARKOWETZ, F. All biology is computational biology. **PLoS Biology**, v. 15, n. 3, p. 4–7, 2017.

McKINNEY, W. Data Structures for Statistical Computing in Python. **Proceedings of the 9th Python in Science Conference**, SciPy, p. 51–56, 2010.

MET OFFICE. Cartopy. v0.14.2. 2015. Disponível em <https://scitools.org.uk/cartopy/docs/v0.14/>

MILLMAN, K. J.; AIVAZIS, M. Python for scientists and engineers. **Computing in Science and Engineering**, v. 13, n. 2, p. 9–12, 2011.

MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M., KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. **Ed. USP**. São Paulo, 2002.

MOLLER, O. O.. The Influence of Local and Non-Local Forcing Effects on the Subtidal Circulation of Patos Lagoon. **Estuaries**, v. 24, n. 2, p. 297, 2001.

MORITZ, F.; SILVA, D. A. UNIVERSIDADE E COMPROMISSO SOCIAL: A PRÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **X Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur**. Anais, 2010

MUYLDER, CRISTIANA FERNANDES DE; CÉSAR, S. B. A Gestão do Conhecimento na Indissociabilidade Ensino , Pesquisa e Extensão : Modelo conceitual de investigação universitária A Gestão do Conhecimento na Indissociabilidade Ensino , Pesquisa e Extensão : Modelo conceitual de investigação universitária . A. **Revista Gestão e Conhecimento | volume 9 - número 2**, n. 5, p. 1–19, 2015.

NIEMEYER, K. Nature Editorial: If you want reproducible science, the software needs to be open source. **ARS Technica**. 2012.

NOVO, L.; MELO, P. DE. Universidade Empreendedora: fortalecendo os caminhos para a responsabilidade social. **III Coloquio Internacional sobre Gestion Universitaria en America del Sur**, 2003.

ORAM, A. **Open Source no Brasil**. Sebastopol, CA, EUA.: O'Reilly, 2016.

OLIPHANT, T. E. A Guide to NumPy. USA: Trelgol Publishing. 2006.

OLIPHANT, T. E. Python for Scientific Computing. **Computing in Science and Engineering**, v. 9, n. 3, 2007.

PETERSON, D.; HANAZAKI, N.; SIMÕES-LOPES, P. C. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 51, n. 6, p. 469–475, 2008.

PÉREZ, F.; GRANGER, B. E. IPython: A System for Interactive Scientific Computing Python: An Open and General- Purpose Environment. **Computing in Science and Engineering**, v. 9, n. 3, p. 21–29, 2007.

PROENÇA, L. A. O. Clorofila a do fitoplâncton em seis enseadas utilizadas para o cultivo de moluscos bivalves no litoral de Santa Catarina. **Notas Técnicas da Facimar**, v. 6, p. 33–44, 2002.

ROBINSON, D. The Incredible Growth of Python. **Stack Overflow blog**. 2017. Disponível em:
<https://stackoverflow.blog/2017/09/06/incredible-growth-python/>

SANNER, M. F. Python: a programming language for software integration and development. **Journal of molecular graphics & modelling**, v. 17, n. 1, p. 57–61, 1999.

SCHNELL, S. Ten Simple Rules for a Computational Biologist's Laboratory Notebook. **PLoS Computational Biology**, v. 11, n. 9, p. 5–9, 2015.

SIMÕES-LOPES, P. C.; FABIÁN, M. E.; MENEGHETI, J. O. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on Southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, n. 3, p. 709–726, 1998.

SLEUTJES, M. H. S. C. Refletindo sobre os três pilares de sustentação das universidades: ensino-pesquisa-extensão. **Revista de Administração Pública**, v. 33, n. 3, p. 99–111, 1999.

TORVALDS, L., HAMANO, J. Git: Fast Version Control System. 2005. Disponível em <http://git-scm.com>

UNISUL. **Avaliação Físico-Química do Sistema Lagunar Sul Catarinense**. Relatório Conclusivo. Projeto PROVIDA/SC. Convênio INPH/UNISUL. Tubarão, Maio 1994, 174p.

WELCH, L. et al. Bioinformatics Curriculum Guidelines: Toward a Definition of Core Competencies. **PLoS Computational Biology**, v. 10, n. 3, 2014.

WILSON, G. et al. Good Enough Practices in Scientific Computing. **PLOS Computational Biology**, v. 13, n. 6, p. 1–20, 2016.

APÊNDICE A – PERGUNTAS DO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DO I MINICURSO CCB.

Perguntas e tipos de resposta no formulário de avaliação do I Minicurso CCB. O formulário é dividido em três seções: perfil do participante (nível de escolaridade, se possui computador, etc), avaliação do minicurso e uma terceira sobre ensino de programação para biólogos. O formulário foi aplicado pela plataforma Google Forms e a planilha completa com as respostas anônimas está disponível em <https://goo.gl/hH4ean>. Todas as perguntas com respostas do tipo “múltipla escolha” também possuíam a opção “Outro”.

Planilha 1 – Perguntas e respostas do formulário de avaliação do I Minicurso CCB.

SEÇÃO I – PERFIL DO PARTICIPANTE	
1. Qual a sua idade?	Múltipla escolha.
2. Qual a sua ocupação?	Múltipla escolha.
2b. Se você é estudante de pós-graduação, qual é o seu programa?	Discursiva.
3. Você trabalha, estuda ou ambos?	Múltipla escolha.
4. Em que tipo de escola você estudou no ensino médio?	Múltipla escolha.
5. Qual o seu nível de inglês?	Escala 1-10.
6. Dentro da sua área de estudo, cite seus interesses principais. Se você faz pesquisa, pode citar o título ou tema da sua pesquisa.	Discursiva.
7. Antes de participar do I Minicurso CCB, qual era sua experiência com programação e assuntos relacionados?	Múltipla escolha.
8. Que tipo de computador pessoal você possui?	Múltipla escolha.
9. Qual é o seu sistema operacional?	Múltipla escolha.
10. Usuários(as) de Windows: você sente dificuldade ao operar em outro sistema operacional como Linux? Que tipo de dificuldade?	Discursiva.

11. Usuários(as) de Windows: você se sentiu mais disposto a experimentar um sistema operacional após realizar o curso?	Discursiva.
12. Por que você decidiu fazer esse curso?	Múltipla escolha.
SEÇÃO II – AVALIAÇÃO DO MINICURSO	
1. Como você ficou sabendo do Minicurso?	Múltipla escolha.
2. Como você acha que a divulgação do curso poderia melhorar?	Discursiva.
3a. Que partes do Minicurso você compreendeu bem?	Discursiva.
3b. Que partes do Minicurso você teve dificuldades para compreender?	Discursiva.
4. Avalie o quanto esse curso vai te ajudar nas suas atividades profissionais e/ou acadêmicas.	Escala 1-5.
5. Comente como este curso vai ajudar (ou não) na sua formação.	Discursiva.
6. Avalie o curso quanto à carga horária.	Múltipla escolha.
7. Quão avançado ou difícil de entender foi o conteúdo do Minicurso para você?	Escala 1-5.
8. Comente, de forma breve, qual foi o aprendizado substancial que você teve ao longo do curso?	Discursiva.
9. Comente sobre o que você achou da organização do curso.	Discursiva.
10. Você concordaria com a criação de um canal em grupo de mensagens instantâneas (como WhatsApp ou Telegram) para cada turma do Minicurso?	Múltipla escolha.
11. Auto avaliação de aproveitamento.	Escala 1-10.
12. A que fatores você atribui a resposta da pergunta anterior (de auto avaliação)?	Discursiva.
13. Quais são suas sugestões, críticas ou elogios para o Minicurso? (Escreva a vontade nessa pergunta!)	Discursiva.
SEÇÃO III – ENSINO DE PROGRAMAÇÃO PARA BIÓLOGOS.	
1. Quão importante você acha que é o conhecimento básico de programação para um(a) profissional biólogo(a)?	Escala 1-5.

2. Você acha que alguma disciplina da graduação ou pós deveria abordar tópicos como os vistos no nosso Minicurso?	Múltipla escolha.
3. Do seu ponto de vista, tópicos como os vistos no nosso curso fazem falta no processo de formação de biólogos no Brasil?	Escala 1-5.
4. Você acha que as instituições de ensino devem prezar e dar preferência para o uso de software open source, como os utilizados no nosso Minicurso? Justifique sua resposta.	Discursiva.
5. Você pretende continuar com seus estudos em programação? Justifique sua resposta.	Discursiva.

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE DAS FUNÇÕES LOAD E REMOVE_UPCAST

```
# Importing libraries
import pandas as pd
import numpy as np
import collections
import os
import glob
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.interpolate import interp1d
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.mlab as mlab
import geopandas as gp
# Creating the load_function()
def load(cnv):

    '''

    This function opens our .cnv file and reads it. It then creates a list

    with four elements: two lists containing the file headers (that start with

    * and with #), a list with variables, a list with the data itself, and a

    pandas dataframe with the data.

    Run like the following:

    hd1, hd2, variables, df = load('file')

    '''

    o = open(cnv)
    r = o.readlines()
```

```

o.close()

hd1, hd2, variables, df = [], [], [], []

for line in r:
    if not line:
        pass
    elif line.startswith('*'):
        hd1.append(line)
    elif line.startswith('#'):
        hd2.append(line)
        if line.startswith('# name'):
            line = line.split()
            variables.append(line[4])
    else:
        float_list = []
        line = line.split()
        for item in line:
            float_list.append(float(item))
        df.append(float_list)

df = filter(None, df)

return hd1, hd2, variables, df

```

```

# Defining the remove_upcast() function:
def remove_upcast(station):
    '''
        Takes a Pandas dataframe as argument. The depth column
        should be named 'depSM:', if it comes from the SBE 37-
        SM MicroCat.
    '''

    depth = station['depSM:']
    up = depth.idxmax() + 1 # we want the index, not the
    value
    station = station.loc[:up]
    return station

```